



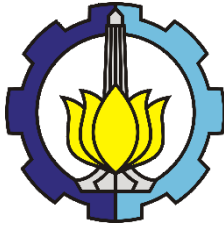
TUGAS AKHIR - TF 141581

***EVALUASI KINERJA AKUSTIK RUANG PADA
MASJID DENGAN BENTUK PLAFON TAJUG***

**FAUJI
NRP. 2412 100 071**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



FINAL PROJECT - TF 141581

***EVALUATION OF ROOM ACOUSTIC
PERFORMANCE IN MASJID WITH TAJUG
PLAFON FORM***

**FAUJI
NRP. 2412 100 071**

**Supervisor:
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.**

**ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

***EVALUASI KINERJA AKUSTIK RUANG PADA MASJID
DENGAN BENTUK PLAFON TAJUG***

**TUGAS AKHIR
OLEH**

**FAUJI
NRP. 2412 100 071**

Surabaya. Juli 2017

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
NIP. 19520613 198103 1 004**

**Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.
NIP. 19600209 198701 1 001**

**Menyetujui,
Kepala Departemen Teknik Fisika FTI-ITS**



**Agus Muhammad Hatta, S.T, M.Si, Ph. D
NIPN. 19780902/200312 1 002**

***EVALUASI KINERJA AKUSTIK RUANG PADA MASJID
DENGAN BENTUK PLAFON TAJUG***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**






**Bidang Studi Akustik dan Fisika Bangunan
Program Studi S-1 Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

FAUJI

NRP. 2412 100 071

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| 1. Ir. Tutug Dhanardno, M.T. |  | (Pembimbing I) |
| 2. Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc. |  | (Pembimbing II) |
| 3. Andi Rahmadiansah, S.T., M.T. |  | (Penguji I) |
| 4. Ir. Heri Joestiono, M.T. |  | (Penguji II) |
| 5. Ir. Matradji, M.Sc. |  | (Penguji III) |

SURABAYA

JANUARI, 2017

EVALUASI KINERJA AKUSTIK RUANG PADA MASJID DENGAN BENTUK PLAFON TAJUG

Nama : Fauji
NRP : 2412100071
Jurusan : Teknik Fisika, FTI - ITS
Pembimbing I : Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
Pembimbing II : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.T.

Abstrak— Tugas akhir ini bertujuan mengevaluasi kinerja akustik ruang masjid berplafon tajug agar memenuhi standar kriteria akustik ruang dan studi pengaruh perubahan geometri plafon. Penelitian dilakukan pada Masjid As-Sakinah dan Masjid Darul Hikmah. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pengukuran akustik menggunakan SLM (*Sound Level Meter*) sebagai dasar untuk melakukan evaluasi. Hasil pengukuran menunjukkan *Background Noise* pada Masjid As Sakinah bernilai 41.896 dB dan Masjid Darul Hikmah 41.12 dB; *Noise Criteria* sebesar 36.12 dB pada Masjid As-Sakinah dan 35.15 dB pada Masjid Darul Hikmah; dan waktu dengung bernilai 1.83 detik pada Masjid As-Sakinah dan 2.84 detik pada Masjid Darul Hikmah. Setelah dilakukan perbaikan, waktu dengung menjadi 1,16 detik pada Masjid As-Sakinah dan 1,27 detik pada Masjid Darul Hikmah. Nilai tersebut sudah memenuhi kriteria akustik yang baik menurut Ribeiro. Dan hasil perubahan geometri menunjukkan, penambahan luasan plafon 30% bisa menurunkan waktu dengung Masjid As-Sakinah menjadi 1,64 detik dan C50 menjadi -3,21, begitu juga pada Masjid Darul Hikmah waktu dengung menjadi 1,25 detik dan C50 menjadi -1,73. Hasil tersebut lebih baik dari kondisi eksisting.

Kata Kunci : Akustik ruang, Waktu dengung, plafon tajug

EVALUATION OF ROOM ACOUSTIC PERFORMANCE IN MOSQUE WITH TAJUG CEILING FORM

Name : Fauji
NRP : 2412100071
Departement : Engineering Physics – Faculty of
Industrial Technology - ITS
Supervisor I : Ir. Tutug Dhanardono, M.T.
Supervisor II : Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.T.

Abstract— This final project was conducted with the aim to evaluate room acoustic performance in mosque with tajug ceiling form to be in accordance with standards and study the effect of changing the geometry of the ceiling. The research was conducted at As-Sakinah Mosque and Darul Hikmah Mosque.. To achieve these objectives, direct acoustic measurements are made using SLM (Sound Level Meter) which is the basis for evaluation. The measurement results show that background noise at As-Sakinah Mosques 41,896 dB and 41.12 dB at Darul Hikmah Mosque; Noise Criteria is 36.12 dB at As-Sakinah Mosque and 35.15 dB at Darul Hikmah Mosque; And the reverberation time of both mosques is worth, 1.83 seconds at As-Sakinah Mosque and 2.84 seconds Darul Hikmah Mosque. After repairs, the reverberation time becomes 1.16 seconds at As-Sakinah Moosque and 1.27 seconds at Darul Hikmah Mosque. That value already meets good acoustic criteria according to Ribeiro. And the result of the geometry change shows the addition of 30% ceiling can reduce the reverberation time to 1.64 seconds and 1.25 seconds, C50 becomes -3.21 and -1.73. The result is better than the existing condition.

Keywords : Room acoustic, reverberation time, tajug ceiling

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Evaluasi Kinerja Akustik Ruang pada Masjid dengan Bentuk Plafon Tajug.”**

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah dan Ibu, selaku orang tua, kakak dan adik-adik saya yang selalu memberikan dukungan moril
2. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. dan Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.T. selaku pembimbing tugas akhir atas segala ilmu dan bimbingannya yang diberikan.
3. Hendra Cordova, S.T. M.T, selaku dosen wali yang selalu memberi motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Fisika
4. Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan hingga Tugas Akhir
6. Asisten Laboratorium Vibrasi dan Akustik yang telah membantu memberikan masukan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Imaniar Vanda Sandria yang telah membantu dan memotivasi penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Seluruh mahasiswa Teknik Fisika, terutama angkatan 2012 yang merupakan teman-teman seangkatan penulis, khususnya Hanafi, Agung, Wirayusa, Vincen, Alfian,

Nizam, Hery, dan Munzir yang memberi semangat kepada penulis.

9. Serta kepada pihak-pihak terkait lainnya yang telah banyak membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak guna perbaikan di masa mendatang. semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Laporan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Masjid	5
2.2 Akustik Ruang.....	6
2.3 Waktu Dengung (Reverberation Time)	8
2.4 Clarity	9
2.5 Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi	10
2.6 Background Noise	11

2.7	Kriteria Desain Akustik Ruang	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		13
3.1	Diagram Alir Penlitian.....	13
3.2	Analisa Objek dan Penentuan Titik Pengukuran	14
3.2.1	Masjid As-Sakinah.....	14
3.2.2	Masjid Darul Hikmah	16
3.3	Pengambilan Data Respon Impuls.....	19
3.4	Simulasi	19
3.4.1	Simulasi Kondisi Eksisting	20
3.4.2	Simulasi Perbaikan	20
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1	Data Pengukuran Bising Latar Belakang.....	23
4.2	Data Pengukuran Waktu Dengung	24
4.3	Hasil Simulasi	24
4.3.1	Simulasi Eksisting	25
4.3.2	Simulasi Perbaikan Material	26
4.3.3	Simulasi Perubahan Geometri Kubah	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampilan baku masjid	5
Gambar 2.2 Contoh masjid dengan bentuk atap tajug.....	6
Gambar 2.3 Pemantulan yang terjadi pada bidang cembung, datar, dan cekung	7
Gambar 2.4 Grafik metode linear regresi ^[8]	9
Gambar 2.5 Metode perhitungan clarity	10
Gambar 3.1 Skema diagram alir penelitian Tugas Akhir	14
Gambar 3.2 Tampak luar Masjid As-Sakinah.....	15
Gambar 3.3 Tampak dalam Masjid As-Sakinah	15
Gambar 3.4 Detail pintu dan jendela Masjid As-Sakinah.....	16
Gambar 3.5 Tampak dalam Masjid Darul Hikmah	17
Gambar 3.6 Penentuan titik pengukuran	18
Gambar 3.7 Diagram pengukuran waktu dengung.....	19
Gambar 3.7 Model 3D Masjid	20
Gambar 4.1 Grafik simulasi waktu dengung perubahan geometri plafon	31
Gambar 4.2 Grafik simulasi waktu dengung perubahan geometri plafon	31
Gambar 4.3 <i>Ray tracing</i> Masjid As-Sakinah eksisting.....	33
Gambar 4.4 <i>Ray tracing</i> Masjid As-Sakinah penambahan 10%33	
Gambar 4.5 <i>Ray tracing</i> Masjid As-Sakinah penambahan 20%33	
Gambar 4.6 <i>Ray tracing</i> Masjid As-Sakinah penambahan 30%34	
Gambar 4.7 <i>Ray tracing</i> Masjid Darul Hikmah eksisting.....	34
Gambar 4.8 <i>Ray tracing</i> Masjid Darul Hikmah penambahan 10%	34
Gambar 4.9 <i>Ray tracing</i> Masjid Darul Hikmah penambahan 20%	35
Gambar 4.10 <i>Ray tracing</i> Masjid Darul Hikmah penambahan 30%.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai optimum parameter akustik ruang.....	12
Tabel 3.1 Material Masjid As-Sakinah.....	16
Tabel 3.2 Material Masjid Darul Hikmah.....	18
Tabel 4.1 Data pengukuran background noise.....	23
Tabel 4.2 Data Pengukuran waktu dengung	24
Tabel 4.3 Data simulasi waktu dengung.....	25
Tabel 4.3 Data simulasi perbaikan material.....	27
Tabel 4.3 perubahan geometri kubah	28
Tabel 4.4 Hasil simulasi perubahan geometri plafon	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Masjid merupakan bangunan penting bagi umat Islam yang berfungsi untuk berbagai aktifitas ibadah, seperti shalat lima waktu, shalat jumat, dan tadarus Al-Quran. Hal tersebut membutuhkan kualitas akustik ruang yang baik agar suara yang disampaikan imam atau khatib terdengar dengan jelas oleh jamaahnya. Penyampaian suara yang baik dan jelas juga akan memengaruhi kekhusukan dalam beribadah.

Pada sisi lain, masjid sebagai bangunan sentral umat Islam dibangun dengan gaya arsitektur megah yang mempunyai kubah pada bagian tengahnya. Kebanyakan masjid dibangun dengan model kubah berbentuk setengah bola. Namun, beberapa masjid di Indonesia khususnya, didesain dengan bentuk kubah Tajug atau piramida berbersusun. Penggunaan kubah terkenal sejak era kekhalifahan Utsman. Meskipun memiliki kebesaran dalam ukuran dan estetika, namun, hal itu berulang kali menyebabkan cacat pada kinerja akustik masjid.^[1]

Bentuk kubah tajug dipilih karena masjid dengan bentuk kubah tersebut merupakan ciri khas masjid-masjid Indonesia. Bentuk plafon tajug merupakan bentuk modifikasi dari bentuk datar sehingga pemantulan bunyi pada ruang sholat berplafon tajug lebih sederhana jika dibandingkan dengan bentuk kubah. Hal ini yang membuat RT ruang sholat masjid berplafon tajug lebih baik daripada masjid berplafon kubah.^[2]

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan adalah *Waktu Dengung Ruang Sholat Masjid Desa Berdasarkan Perbedaan Bentuk Plafon* (Elsa Fitria Bena, 2014) menyatakan bahwa bentuk kubah setengah bola adalah yang paling buruk kualitas akustiknya diantara tiga bentuk umum kubah masjid (datar, setengah bola, dan tajug). Sedangkan bentuk tajug mempunyai kualitas yang lebih baik dari setengah bola, namun tidak lebih baik dari bentuk plafon datar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan maka permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik akustik masjid dengan bentuk plafon tajug?
2. Bagaimana cara mengevaluasi kualitas akustik masjid agar memenuhi standar yang diperbolehkan?
3. Bagaimana pengaruh geometri plafon tajug pada kinerja akustik ruang masjid?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber suara tidak menggunakan sound system elektronik, hanya mengandalkan kemampuan akustik ruang.
2. Area penelitian hanya mencakup ruang utama masjid.
3. Simulasi menggunakan software EASE.
4. Parameter akustik ruang yang dianalisa adalah reverberation time (RT_{60}), Clarity (C_{50}), dan Background Noise.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik akustik masjid dengan bentuk plafon tajug.
2. Untuk mengevaluasi kualitas akustik masjid dengan bentuk plafon tajug agar memenuhi kriteria akustik yang baik.
3. Untuk mengetahui pengaruh geometri plafon tajug pada kinerja akustik ruang masjid.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan penelitian Tugas Akhir ini akan disusun secara sistematis dibagi dalam beberapa bab, dengan perincian sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi penjelasan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika laporan.

BAB II Dasar Teori

Pada bab ini membahas secara singkat teori-teori yang mendasari pengerjaan Tugas Akhir ini, selain itu juga terdapat penjelasan tentang teori-teori tersebut.

BAB III Metodologi Penelitian

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai detail tahapan-tahapan yang harus dilalui untuk mencapai tujuan dan simpulan akhir dari penelitian.

BAB IV Analisa Data dan Pembahasan

Bab ini merupakan tindak lanjut dari Bab III, pada bab ini akan dilakukan analisis terhadap simulasi yang telah dilakukan menggunakan, setelah dilakukan analisis sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai maka selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap analisis data yang telah dilakukan, pembahasan yang dilakukan disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan pokok dari seluruh penelitian atau Tugas Akhir yang telah dilakukan dan saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

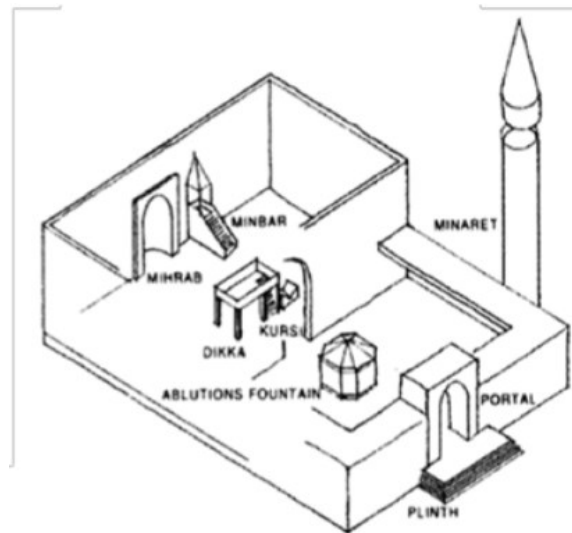
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Masjid

Masjid adalah institusi utama dalam masyarakat Islam yang berfungsi sebagai tempat sholat, pusat ibadah, pusat ilmu pengetahuan, tempat pembinaan, tempat mempertemukan manusia dengan Nur Illahi, kegiatan sosial dan politik, juga berfungsi sebagai tempat pertemuan^[3]

Terdapat unsur universal sebagai bentuk tampilan yang telah baku dan disepakati oleh umat sebagai sosok tampilan sebuah masjid^[4]. Masjid ada untuk menampung keperluan ibadah shalat berjamaah. Dengan demikian, beberapa di antara unsur universal tadi perlu memenuhi tuntutan syarat rukun penyelenggara ibadah shalat berjamaah itu sendiri.



Gambar 2.1 Tampilan baku masjid

Ada tiga bentuk umum masjid berdasarkan bentuk atapnya:

- Bentuk Datar

- Kubah setengah bola
- Dan bentuk tajug (piramida bersusun)

Masjid-masjid di Jawa, biasanya dibangun dengan bentuk atap tajug. Bentuk atap tajug yang kerap disebut sebagai “konstruksi atap berbentuk pyramid memusat yang bertingkat-tingkat” bahkan dapat dikatakan sebagai salah satu karakteristik masjid tradisional. Filosofi atap tajug diasosiasikan sebagai jamaah yang betumpuk-tumpuk memadati masjid untuk beribadah kepada Allah.^[5]



Gambar 2.2 Contoh masjid dengan bentuk atap tajug

Masjid yang digunakan untuk keperluan percakapan, dalam hal ini ceramah atau khotbah disyaratkan untuk memiliki distribusi tingkat tekanan bunyi yang merata di seluruh sudut ruangan agar pendengar dapat menangkap informasi yang dikeluarkan pembicara dengan baik di seluruh titik yang ada dalam ruangan^[3].

2.2 Akustik Ruang

Kualitas akustik sebuah ruangan dipengaruhi oleh volume, material, dan juga bentuk ruang tersebut. Bentuk sebagai elemen estetika ruang sangat berpengaruh terhadap kualitas akustik ruang.

- Datar

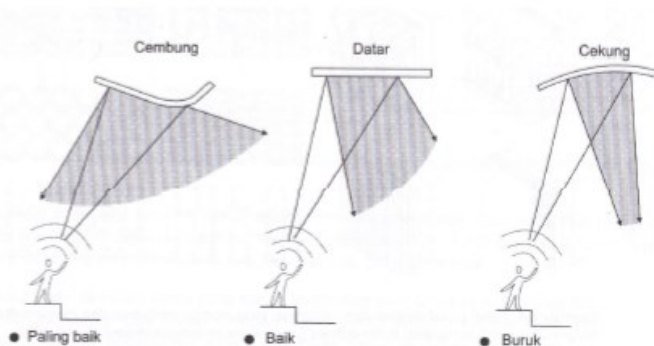
Bentuk datar adalah bentuk yang paling sederhana. Bentuk datar dengan teknik geometri akan memberikan suara yang jelas kepada para penonton yang duduk di deret paling belakang tanpa cacat dan perbedaan tempo penerimaan.^[2]

- Cekung

Bentuk ini bersifat memusatkan suara yang merupakan kebalikan dari fungsi reflektor. Bentuk cekung menimbulkan efek *focal point* atau sebagai pusat arah pantulan suara, disebut *whispering gallery* atau gema yang merambat. Bentuk cekung bila diolah menurut rambatan suara akan lebih mendukung kondisi akustik.^[2] Permukaan cekung akan memantulkan bunyi yang terfokus ke titik yang sama. Pendengar di titik itu akan mendengar suara yang sangat keras dan yang jauh dari situ akan mendapat sedikit suara. Ini adalah akustik yang buruk dan bisa menyebabkan gema.^[3]

- Cembung

Bentuk cembung merupakan bentuk pemantul suara yang baik karena memiliki sifat penyebar gelombang suara yang ikut mendukung kondisi difusi akustik ruang. Bentuk cembung bisa menciptakan kejelasan suara dari berbagai arah yang cukup luas dan menyebar.



Gambar 2.3 Pemantulan yang terjadi pada bidang cembung, datar, dan cekung

2.3 Waktu Dengung (Reverberation Time)

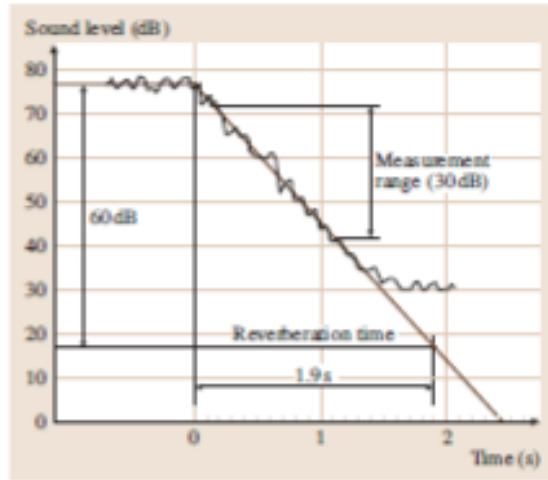
Parameter akustika ruangan yang paling banyak dikenal orang adalah Waktu Dengung (Reverberation Time - RT). RT seringkali dijadikan acuan awal dalam mendesain akustika ruangan sesuai dengan fungsi ruangan tersebut. RT menunjukkan seberapa lama energi suara dapat bertahan di dalam ruangan, yang dihitung dengan cara mengukur waktu peluruhan energi suara dalam ruangan. Waktu peluruhan ini dapat diukur menggunakan konsep energi tunak maupun energi impulse. RT yang didapatkan berdasarkan konsep energi tunak dapat digunakan untuk memberikan gambaran kasar, waktu dengung ruangan tersebut secara global. RT jenis ini dapat dihitung dengan mudah, apabila kita memiliki data Volume dan Luas permukaan serta karakteristik absorpsi setiap permukaan yang ada dalam ruangan. Sedangkan RT yang berbasiskan energi impulse, didapatkan dengan cara merekam response ruangan terhadap sinyal impulse yang dibunyikan didalamnya. Dengan cara ini, RT di setiap titik dalam ruangan dapat diketahui dengan lebih detail bersamaan dengan parameter-parameter akustik yang lainnya. RT pada umumnya dipengaruhi oleh jumlah energi pantulan yang terjadi dalam ruangan. Semakin banyak energi pantulan, semakin panjang RT ruangan, dan sebaliknya. Jumlah energi pantulan dalam ruangan berkaitan dengan karakteristik permukaan yang menyusun ruangan tersebut.^[6]

Berikut rumus untuk menghitung nilai waktu dengung dengan metode Sabine ditunjukkan pada persamaan 1, dimana V adalah volume ruang, S adalah luas permukaan penutup, dan α adalah koefisien absorbs dari bahan penutup.

$$RT_{60} = \frac{0,161 V}{S\alpha} \quad (2.1)$$

Selain dengan metode Sabine, pengukuran waktu dengung secara langsung dengan cara perekaman suara impuls respon yang dibangkitkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus regresi linear yang ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$T = 60 \text{ dB} \frac{(t_{-35}) - t_{(-5)}}{(-5 \text{ dB}) - (-35 \text{ dB})} \quad (2.2)$$



Gambar 2.4 Grafik metode linear regresi^[8]

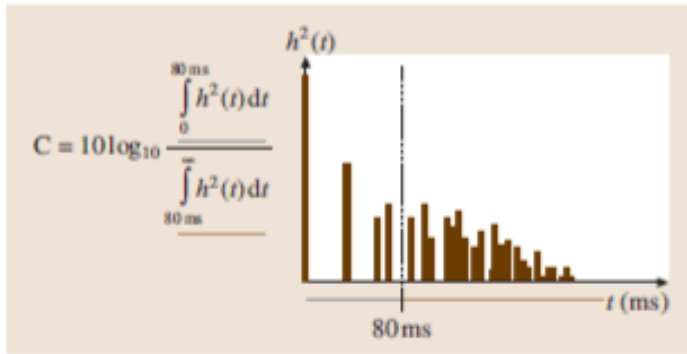
2.4 Clarity

Selain waktu dengung, parameter lain yang penting dalam akustik ruang adalah Clarity. Clarity menggambarkan sejauh mana setiap detail bunyi dapat dirasakan. Clarity didefinisikan sebagai perbandingan antara total energi suara yang diterima di 50 atau 80 ms pertama dengan seluruh energi yang diterima oleh pendengar.^[9]

$$C_{t_e} = 10 \log \left(\frac{\int_0^{t_e} p^2(t) dt}{\int_{t_e}^{\infty} p^2(t) dt} \right) \quad (2.3)$$

dimana t_e adalah 50 ms untuk ruang percakapan dan 80 ms untuk musik. Nilai yang direkomendasikan untuk parameter ini adalah 0 dB.^[9]

Gambar dibawah ini memberikan gambaran mengenai parameter Clarity dilihat dari grafik *impulse response*.



Gambar 2.5 Metode perhitungan clarity

2.5 Distribusi Tingkat Tekanan Bunyi

Parameter lain yang memberikan yang dapat dijadikan acuan untuk mendesain suatu ruangan adalah distribusi tingkat tekanan bunyi. Parameter ini memberikan informasi pemerataan suara pada ruangan. Suara yang dipancarkan oleh pembicara diupayakan dapat menyebar merata dalam, agar para pendengar dengan posisi yang berbeda-beda dalam ruangan tersebut memiliki penangkapan dan pemahaman yang sama akan informasi yang disampaikan oleh pembicara.

Syarat agar pendengar dapat menangkap informasi yang disampaikan meskipun dalam posisi berbeda adalah selisih antara tingkat tekanan bunyi terjauh dan terdekat tidak lebih dari 6 dB. Jika dalam suatu ruangan yang relatif kecil di mana sumber bunyi dengan tingkat suara yang normal telah mampu menjangkau pendengar terjauh, maka hampir dapat dipastikan bahwa distribusi tingkat tekanan bunyi dalam ruangan tersebut telah merata.

2.6 Background Noise

Selain perhitungan waktu dengung yang mempengaruhi kualitas akustik dari suatu ruangan, terdapat faktor lain yang juga tidak kalah pentingnya untuk dianalisa yaitu background noise level (NB) dimana besar NB dapat diketahui melalui pengukuran TTB (Tingkat Tekanan Bunyi) di dalam ruangan pada rentang frekuensi tengah pita oktaf antara 125 Hz – 4 kHz. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menentukan kriteria kebisingan (NC) dengan cara mensubstitusikan nilai TTB tersebut pada persamaan berikut.

$$NC \cong 1.25 (L_A - 13) \quad (2.4)$$

Dimana pada persamaan di atas L_A merupakan Tingkat Tekanan Bunyi (TTB) pada rata – rata seluruh titik pengukuran.

2.7 Kriteria Desain Akustik Ruang

Dalam mendesain ruangan terdapat kriteria desain akustik yang perlu diperhatikan. Menurut Ribeiro (2002), parameter akustik ruang berupa yang meliputi waktu dengung (Reverberation Time), waktu peluruhan (Early Decay Time), D50 (Definition), C50, C80 (Clarity) dan TS (Centre Time) memiliki besaran optimum tertentu tergantung pada kebutuhan ruangnya, apakah untuk musik atau percakapan. Bangunan masjid diklasifikasikan sebagai ruangan percakapan. Nilai optimum tersebut bisa dilihat pada tabel 2.1.

Menurut kebutuhannya, ruang dengan fungsi percakapan dibutuhkan RT yang terletak pada kisaran nilai 0,85 – 1,3 detik sedangkan untuk fungsi musik diperlukan perhitungan RT yang nilainya terletak pada kisaran waktu 1.3 – 1.83 detik. Perbedaan itu dibutuhkan agar nilai RT yang diperuntukkan untuk fungsi ruang tersebut memiliki efek yang berfungsi secara tepat, karena RT yang

terlalu pendek akan menyebabkan ruangan terasa ‘mati’ sebaliknya RT yang panjang memberikan suasana ‘hidup’ pada ruangan, tetapi untuk ruang dengan fungsi percakapan akan menyebabkan penurunan speech intelligibility^[7].

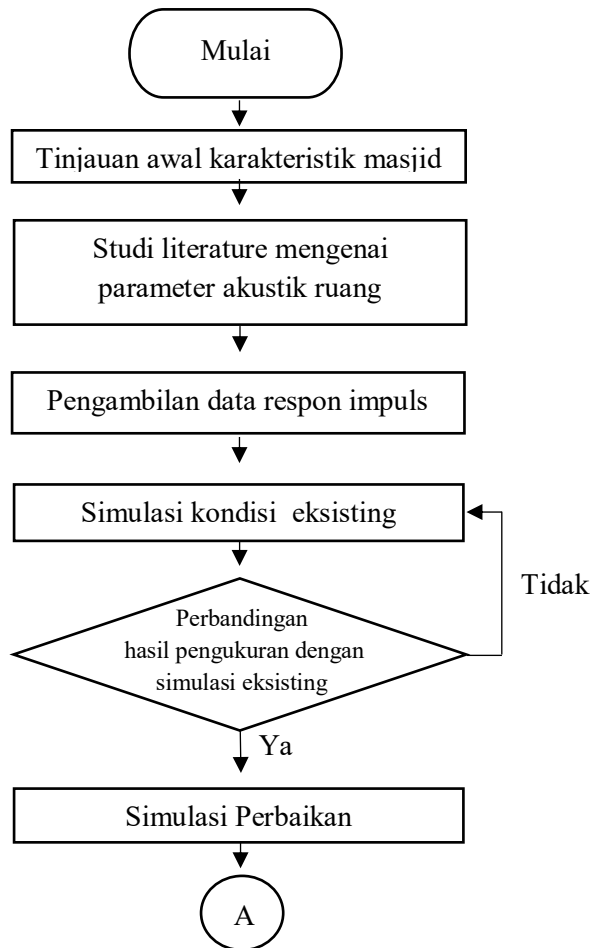
Tabel 2.1 Nilai optimum parameter akustik ruang

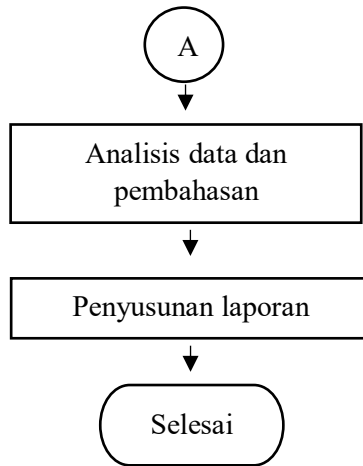
<i>Accoustical Parameters</i>	<i>Conference</i>	<i>Music</i>
<i>Reverberation Time (RT,s)</i>	$0.85 < RT < 1.30$	$1.30 < RT < 1.83$
<i>Early Decay Time (EDT,s)</i>	$0.648 < EDT \leq 0.81$	$1.04 < EDT \leq 1.76$
<i>Definition (D,%)</i>	≥ 65	-
<i>Clarity (C50, C80, dB)</i>	$C50 > 6$	$-2 < C80 < 4$
<i>Centre Time (TS, ms)</i>	< 80	< 80

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penlitian

Secara umum tahapan penelitian Tugas Akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti Gambar 3.1. di bawah ini.





Gambar 3.1 Skema diagram alir penelitian Tugas Akhir

3.2 Analisa Objek dan Penentuan Titik Pengukuran

Objek pengukuran dalam tugas akhir ini adalah dua masjid berplafon tajug dengan dimensi yang sama. Kedua masjid tersebut memiliki karakteristik masing-masing. Berikut karakteristik kedua masjid tersebut.

3.2.1 Masjid As-Sakinah

Masjid As-Sakinah terletak di Jl. Arif Rahman Hakim No.107, Sukolilo, Surabaya. Masjid ini dibangun oleh Yayasan Amal Bakti Muslim Pancasila dan dikelola oleh Universitas Putra Bangsa. Luas bangunan Masjid As-Sakinah yaitu $19 \times 19 \text{ m}^2$ dan volume ruangnya $1999,56 \text{ m}^3$. Berikut adalah gambar dari masjid tersebut.



Gambar 3.2 Tampak luar Masjid As-Sakinah



Gambar 3.3 Tampak dalam Masjid As-Sakinah



Gambar 3.4 Detail pintu dan jendela Masjid As-Sakinah

Tabel 3.1 Material Masjid As-Sakinah

Material	Koefisien serap	Luas permukaan
Dinding (Plester + cat)	0.02	270,38
Kaca	0.18	42,13
Kayu	0.10	18,38
Plafon	0.10	501,41
Lantai (carpet)	0.14	366,90

3.2.2 Masjid Darul Hikmah

Masjid Darul Hikmah terletak di Jl. Kebonsari Tengah No.64-66, Surabaya. Masjid ini dibangun oleh Yayasan Amal Bakti Muslim Pancasila dan dikelola oleh Yayasan Darul Hikmah Surabaya. Luas bangunan Masjid Darul Hikmah yaitu $19 \times 19 \text{ m}^2$ dan volume ruangnya $1999,56 \text{ m}^3$. Berikut adalah gambar dari masjid tersebut.



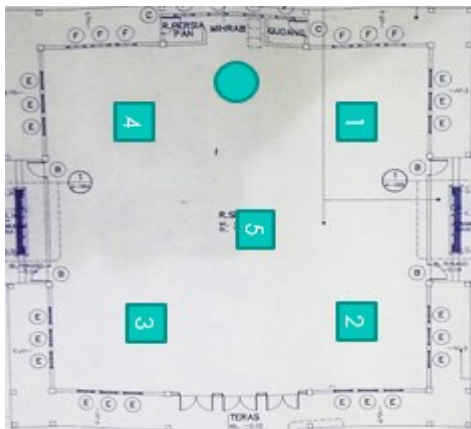
Gambar 3.5 Tampak dalam Masjid Darul Hikmah

Tabel 3.2 Material Masjid Darul Hikmah

Material	Koefisien serap	Luas permukaan
Dinding (Plester + cat)	0.02	241,82
Absorber	1.00	71,73
Kayu	0.10	18,38
Plafon	0.10	501,41
Lantai	0.01	366,90

Kedua masjid tersebut memiliki bentuk dan dimensi yang sama. Namun ada perbedaan pada sisi depan tembok dan jendela. Pada masjid darul hikmah, sisi tembok depan dibiarkan terbuka (seperti pada gambar di atas) sedangkan pada masjid As-Sakinah, sisi depan tembok tertutup seperti pada sisi tembok lainnya. Perbedaan lainnya terletak pada jendela dan pintu. Bagian jendela pada Masjid Darul Hikmah dibiarkan terbuka sedangkan pada masjid As-Sakinah bagian jendela tertutup dengan kaca.

Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran dimensi ruang masjid, kemudian ditentukan titik – titik pengukuran yang mewakili titik – titik secara keseluruhan. Titik-titik tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

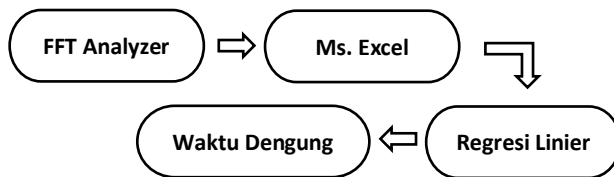
**Gambar 3.6** Penentuan titik pengukuran

Penentuan titik pengukuran tersebut dilakukan untuk pengukuran noise background dan pengukuran waktu dengung. Dimana yang bertanda bulat adalah tempat peletakan sumber bunyi dan yang kotak adalah titik pengukurannya.

3.3 Pengambilan Data Respon Impuls

Pengambilan data respon impuls ini dilakukan mengacu pada standar international ISO 3382-1 yang berjudul *Acoustics: Measurement of room acoustic parameters*.

Pada tahap ini dilakukan pembangkitkan suara impuls menggunakan suara ledakan balon, yang direkam menggunakan FFT – Analyzer mode manual lalu disimpan dalam format Ms. Excel, untuk kemudian dihitung menggunakan rumus regresi linear pada persamaan 2.2. Pengambilan data respon impuls tersebut diambil pada titik-titik yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Berikut ini diagram pengukurannya.



Gambar 3.7 Diagram pengukuran waktu dengung

3.4 Simulasi

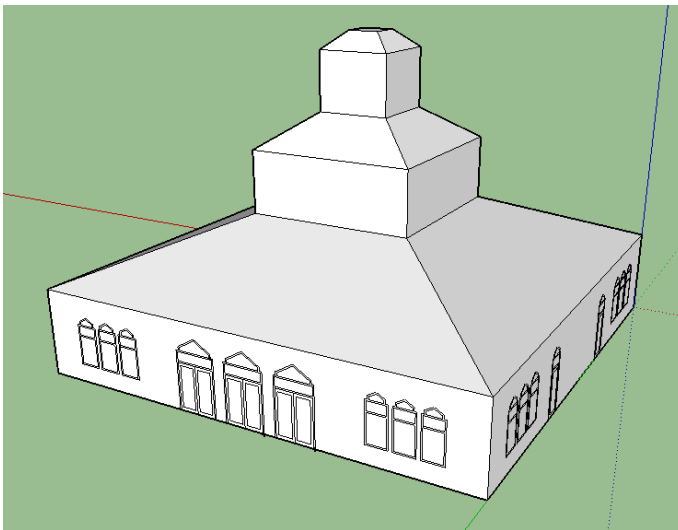
Pada tahap ini dilakukan dua macam simulasi perbaikan kualitas akustik masjid. Pertama simulasi perbaikan berdasarkan material penyusun dengan mengganti material yang sesuai. Dan

yang kedua simulasi studi geometri kubah untuk mengetahui pengaruh geometri kubah terhadap kualitas akustik masjid.

3.4.1 Simulasi Kondisi Eksisting

Sebelum melakukan simulasi perbaikan akustik masjid, penting untuk melakukan simulasi kondisi eksisting untuk mengetahui besarnya error hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Hal ini juga dilakukan untuk mengetahui valid atau tidaknya simulasi yang telah dilakukan.

Tahap simulasi dimulai dengan membuat model 3D ruang utama masjid menggunakan software SketchUp. 3D model yang telah dibuat di ekspor ke software EASE untuk dilakukan simulasi kondisi akustiknya.



Gambar 3.7 Model 3D Masjid

3.4.2 Simulasi Perbaikan

Pada tahap ini dilakukan simulasi perbaikan kualitas akustik ruang masjid dengan mengubah material yang sesuai dengan

kebutuhan. Jika ruang tersebut mempunyai nilai RT yang besar, maka perlu penambahan/penggantian material yang mempunyai koefisien serap yang besar, begitu juga sebaliknya. Selain nilai RT pada simulasi juga akan diperoleh parameter respon impuls lainnya yaitu C50. Dari beberapa hasil parameter tersebut selanjutnya dibandingkan dengan table standard dari parameter akustik ruang sesuai standard Riberio (2002).

Selain itu juga dilakukan simulasi studi pada geometri plafon masjid. Simulasi ini dilakuang untuk melihat pengaruh perubahan geometri kubah terhadap kinerja akustik masjid. Pada simulasi ini akan didapatkan geometri kubah yang optimal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Pengukuran Bising Latar Belakang

Data pengukuran bising latar belakang ini diambil pagi hari pada pukul 08.00 WIB dengan menghidupkan seluruh lampu ruangan dan alat pendingin ruangan, kemudian pada beberapa titik pengukuran tersebut dicatat tingkat bising latar belakang dengan menggunakan FFT Analyzer. Hasil pencatatan tingkat bising latar belakang pada frekuensi 500 Hz ditunjukkan pada tabel 4.1. Dari data pengukuran bising latar belakang pada tiap titik ukur di atas dapat diketahui rata – rata nilai pengukuran dari keseluruhan titik menunjukkan tingkat bising latar belakang pada kedua masjid sebesar 41,89 dB dan 41,27 dB. Dari nilai tersebut dapat dicari noise criteria (NC) dengan menggunakan persamaan 2.4

Tabel 4.1 Data pengukuran background noise

Titik Pengukuran ke	Masjid As-Sakinah		Masjid Darul Hikmah	
	Background Noise (dB)	NC (dB)	Background Noise (dB)	NC (dB)
1	41.04	35.05	43.14	37.67
2	46.03	41.29	39.68	33.35
3	39.92	33.65	40.62	34.52
4	41.06	35.07	42.79	37.24
5	41.43	35.54	39.37	32.96
Rata-rata	41.896	36.12	41.12	35.15

Dimana LA merupakan rata – rata tingkat bising latar belakang yang terukur, dengan persamaan matematis diatas maka nilai NC didapat sebesar 36.12 dB dan 35.15 dB. Nilai tersebut tidak sesuai dengan standard criteria kebisingan ruang berdasarkan American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) yang berkisar antara 25 – 30 dB.

4.2 Data Pengukuran Waktu Dengung

Pengukuran waktu dengung dilakukan dengan membangkitkan suara impuls menggunakan suara ledakan petasan. Perekaman data respon impuls tersebut menggunakan Fast Fourier Transform Analyzer (FFT Analyzer). posisi pengukuran dilakukan pada titik yang sama pada pengambilan data background noise. Setiap titik diambil data satu kali. Hasil pengukuran waktu dengung pada frekuensi 500 Hz ditunjukkan pada table 3 berikut.

Tabel 4.2 Data Pengukuran waktu dengung

Titik pengukuran Ke-	Hasil Pengukuran RT (detik)	
	Masjid As-Sakinah	Masjid Darul Hikmah
1	1.42	2.78
2	2.42	2.69
3	1.38	2.63
4	1.47	3.55
5	2.44	2.53
Rata-rata	1.83	2.84

Dari rata – rata data yang diperoleh di atas dapat dibuktikan bahwa kedua masjid tersebut mengalami cacat akustik. Hal tersebut dikarenakan nilai standard waktu dengung yang seharusnya diterapkan pada ruang percakapan menurut Ribeiro, M.R.S. (2002) yaitu berkisar antara 0.85s – 1.3s, sedangkan hasil pengukuran menunjukkan nilai RT melebihi standar tersebut. Untuk itu diperlukan perancangan ulang untuk menurunkan nilai RT.

4.3 Hasil Simulasi

Hasil simulasi terbagi menjadi tiga bagian, simulasi eksisting, perbaikan material, dan simulasi perubahan geometri plafon.

4.3.1 Simulasi Eksisting

Hasil simulasi kondisi eksisting ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Data simulasi waktu dengung

Hasil Simulasi RT (detik)	
Masjid As-Sakinah	Masjid Darul Hikmah
1.71	1.60

Hasil simulasi menunjukkan nilai RT mendekati dengan nilai pengukuran pada Masjid As-Sakinah. Selisihnya hanya 0,15 detik. Sedangkan pada Masjid Darul Hikmah, hasil simulasi jauh lebih kecil dibanding dengan hasil pengukuran. Error pengukuran dengan simulasi sebesar 1,24 detik. Hal itu bisa diakibatkan pada pemilihan material pada software EASE yang tidak sesuai dengan material yang sesungguhnya.

Kedua masjid tersebut adalah identik, dari bentuk maupun material yang digunakan tidaklah jauh berbeda nilai koefisien absorpsinya. Perbedaan material hanya terletak pada bagian lantai. Untuk itu dalam simulasi pada software EASE digunakan jenis material yang sama, kecuali bagian lantai. Detail material bisa dilihat pada tabel 3.1 untuk Masjid As-Sakinah dan tabel 3.2 untuk Masjid Darul Hikmah.

Maka, terjadinya error yang besar pada Masjid Darul Hikmah adalah karena faktor lain yang diabaikan dalam penelitian ini. Seperti faktor bangunan yang berada di sekitar masjid tersebut. Walaupun dinding bagian depan masjid dan jendela berlubang, yang menyumbang penyerapan suara, namun di samping masjid tersebut terdapat tembok yang memungkinkan suara kembali masuk ke dalam ruangan. Sehingga menimbulkan waktu dengung yang besar.

4.3.2 Simulasi Perbaikan Material

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 4.3, dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut tidak memenuhi standar. Setidaknya nilai RT harus diturunkan 0,38 detik untuk Masjid As-Sakinah dan 0,30 detik untuk Masjid Darul Hikmah. Perlu adanya penambahan atau penggantian material eksisting dengan material yang mempunyai koefisien absorpsi yang besar.

Untuk mengatasi itu dilakukan analisa perhitungan terlebih dahulu. Berikut adalah analisa perhitungan dengan menggunakan rumus sabine.

- Masjid As-Sakinah

Dengan menggunakan rumus sabine, pada RT 1,71 detik dan volume ruang 1999,56 m³, akan didapatkan besarnya nilai $s\alpha$, yaitu hasil perkalian antara luas permukaan dengan koefisien absorpsi, sebesar 188,2626. Untuk menurunkan RT menjadi 1,30 detik, nilai $s\alpha$ harus dibesarkan menjadi 247,6378. Nilai tersebut didapat menggunakan rumus Sabine.

$$RT_{60} = \frac{0,161 V}{S\alpha}$$

$$1,30 = \frac{0,161 (1999,56)}{s\alpha}$$

$$S\alpha = 247,6378$$

Untuk mendapatkan nilai tersebut, harus dilakukan modifikasi material yang bersifat menyerap bunyi.

Pada masjid ini, material yang diubah adalah pada bagian lantai. Sebelumnya lantai dilapisi dengan karpet dengan koefisien absorpsi 0,14, diubah menjadi karpet yang lebih menyerap bunyi dengan koefisien absorpsi 0,39. Dengan perubahan material tersebut, nilai RT menjadi 1,16 detik.

Pemilihan bagian lantai yang dimodifikasi bertujuan untuk memudahkan dalam proses perbaikan. Lain halnya jika bagian

lain yang harus dimodifikasi. Membutuhkan waktu renovasi yang lebih lama.

- Masjid Darul Hikmah

Dengan menggunakan rumus sabine, pada RT 1,60 detik dan volume ruang 1999,56 m³, akan didapatkan besarnya nilai α , yaitu hasil perkalian antara luas permukaan dengan koefisien absorpsi, sebesar 201,205725. Untuk menurunkan RT menjadi 1,30 detik, nilai α harus dibesarkan menjadi 247,6378. Nilai tersebut didapat menggunakan rumus Sabine.

Agar mendapat nilai RT yang memenuhi syarat akustik ruang untuk percakapan, dalam hal ini masjid, maka harus ada perbaikan material. Perbaikan material dilakukan pada bagian lantai. Sebelumnya material lantai yang digunakan pada Masjid Darul Hikmah adalah keramik. Untuk memperbaiki kualitas akustiknya, keramik dilapisi dengan karpet.

Sebelum penambahan karpet, koefisien absorpsi lantai adalah 0,01. Setelah ditambah karpet, koefisien absorpsinya menjadi 0,15. Maka waktu dengungnya juga berubah menjadi 1,27. Nilai tersebut masuk dalam rentang yang diizinkan untuk ruang percakapan.

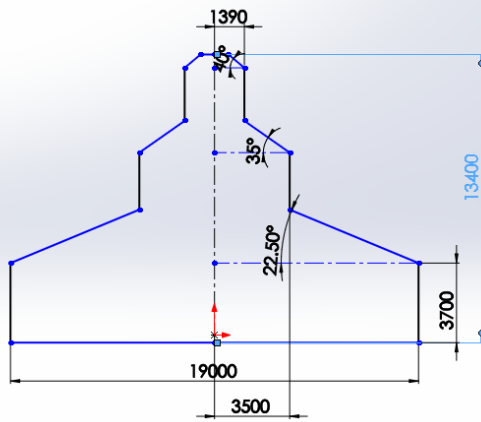
Tabel 4.3 Data simulasi perbaikan material

	RT (detik)	
	Masjid As-Sakinah	Masjid Darul Hikmah
Sebelum perbaikan material	1,71	1,60
Sesudah perbaikan material	1,16	1,27

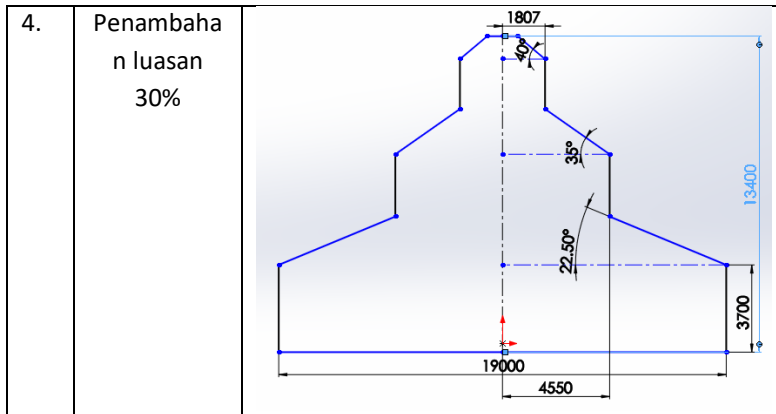
4.3.3 Simulasi Perubahan Geometri Kubah

Simulasi perubahan geometri plafon dilakukan dengan mengubah luasan kubah dengan varias penambahan luasan sebesar 10%, 20%, dan 30%. Perubahan luasan tersubt dilakukan untuk menganalisa pengaruh geometri kubah pada kinerja akustik ruang. Berikut adalah tabel yang menunjukkan perubahan luasan geometri kubah.

Tabel 4.3 perubahan geometri kubah

No .	Perubahan Geometri	Gambar Detail
1	Eksisting	 <p>The diagram illustrates the cross-section of a dome structure. Key dimensions and angles are labeled: a top width of 1390, a base width of 19000, and a base offset of 3500. The total height is 13400, with a lower section height of 3700. Angles of 35° and 22.50° are indicated for the dome's profile. A red arrow points upwards from the base center.</p>

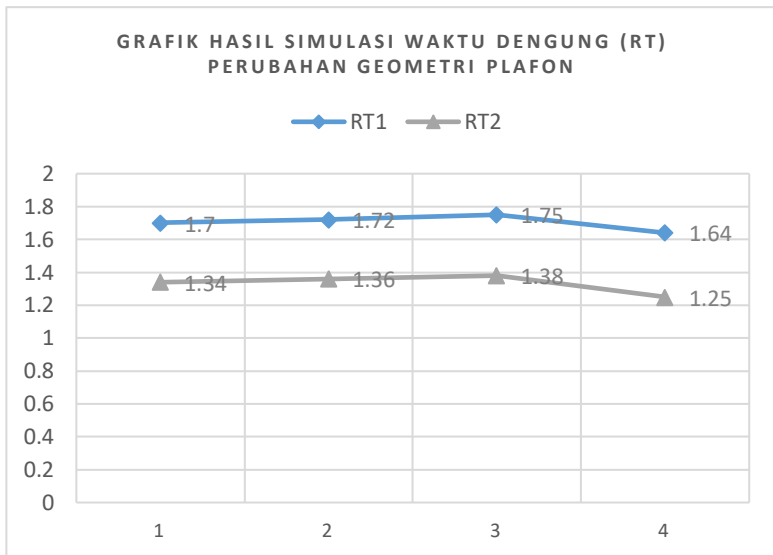
2.	Penambahan luasan 10%	<p>Technical drawing of a roof plan for a 10% area increase. The drawing shows a complex polygonal shape with a central vertical axis. Key dimensions include a total width of 19000, a base width of 3850, and a total height of 13400. The roof profile is defined by several segments with angles of 35° and 22.5°. A small horizontal offset of 1529 is indicated at the top. A vertical dimension of 3700 is shown on the right side. A red arrow points to the central vertical axis.</p>
3.	Penambahan luasan 20%	<p>Technical drawing of a roof plan for a 20% area increase. The drawing shows a similar complex polygonal shape to the one above. Key dimensions include a total width of 19000, a base width of 4200, and a total height of 13400. The roof profile is defined by several segments with angles of 35° and 22.5°. A small horizontal offset of 1668 is indicated at the top. A vertical dimension of 3700 is shown on the right side. A red arrow points to the central vertical axis.</p>



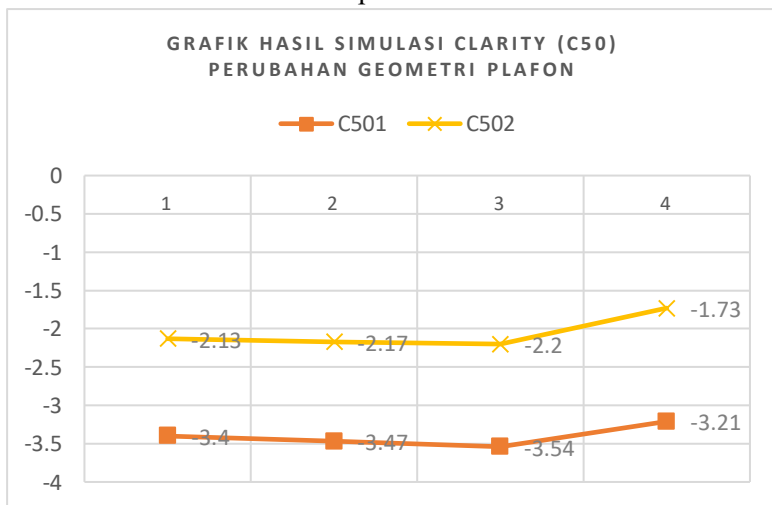
Hasil simulasi perubahan geometri kubah ditunjukkan pada tabel 4.4. Penambahan luasan geometri kubah memengaruhi parameter-parameter akustik ruang, seperti waktu dengung dan *clarity* (C50).

Tabel 4.4 Hasil simulasi perubahan geometri plafon

Perubahan Geometri	Masjid As-Sakinah		Masjid Darul Hikmah	
	RT (detik)	C50 (dB)	RT (detik)	C50 (dB)
Eksisting	1,71	-3,44	1,34	-2,13
10%	1,72	-3,47	1,36	-2,17
20%	1,75	-3,54	1,38	-2,2
30%	1,64	-3,21	1,25	-1,73



Gambar 4.1 Grafik simulasi waktu dengung perubahan geometri plafon



Gambar 4.2 Grafik simulasi waktu dengung perubahan geometri plafon

Pada simulasi ini, kedua parameter akustik tersebut mengalami kenaikan pada penambahan 10% dan 20%, namun kemudian turun pada saat penambahan 30%. Pada masjid as-sakinah, peningkatan performa terbaik terjadi pada penambahan luasan sebesar 30% dengan nilai RT yang awalnya 1,71 detik menjadi 1,64 detik dan clarity berurang dari -3,44 dB menjadi -3,21 dB. Nilai tersebut sudah hampir mendekati nilai yang direkomendasikan oleh Ribeiro. Begitu juga dengan simulasi yang dilakukan pada masjid darul hikmah. Penurunan nilai RT dan C50 terjadi pada penambahan luasan plafon sebesar 30%. RT menjadi 1,25 detik dan C50 berkurang menjadi -1,73 dB.

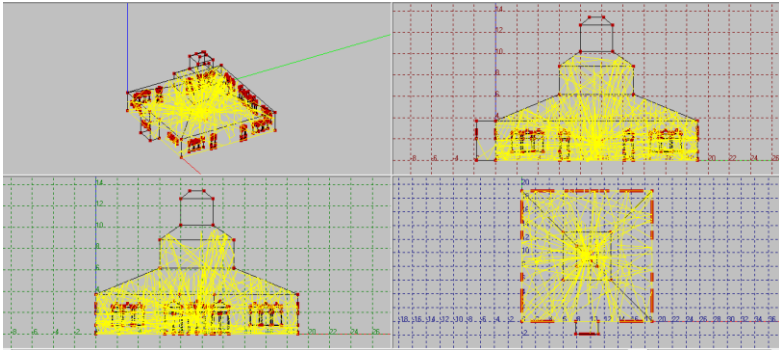
Simulasi kedua masjid tersebut mempunyai tren grafik yang sama. Ketika terjadi penambahan luasan, kedua masjid tersebut menghasilkan tren yang sama.

Bertambahnya volume ruang dapat menurunkan nilai RT dan C50 karena ruang yang besar tidak memungkinkan energi suara saling bertumbuk terlalu lama pada ruangan.

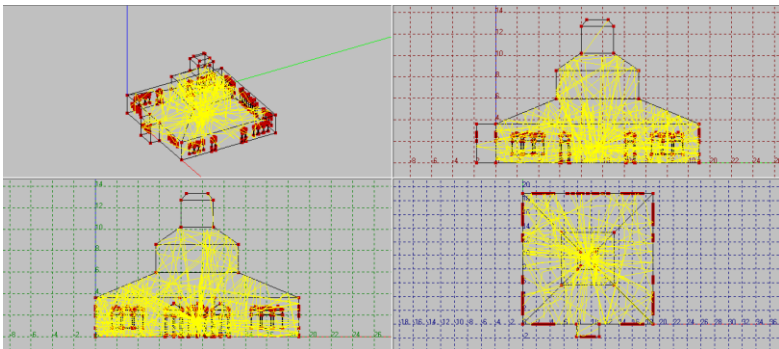
Ray Tracing

Simulasi ray tracing dilakukan untuk mengetahui gejala pantulan bunyi di dalam ruangan mengikuti hukum pemantulan optik. Analisa ini berguna untuk melihat lebih jelas pengaruh geometri plafon pada kinerja akustik. Seperti halnya parameter *clarity* (C50), bisa dianalisa pantulan dan suara yang terpancar langsung dari sumber suara pada awal sumber suara dibangkitkan, dalam hal ini pada 50 ms pertama.

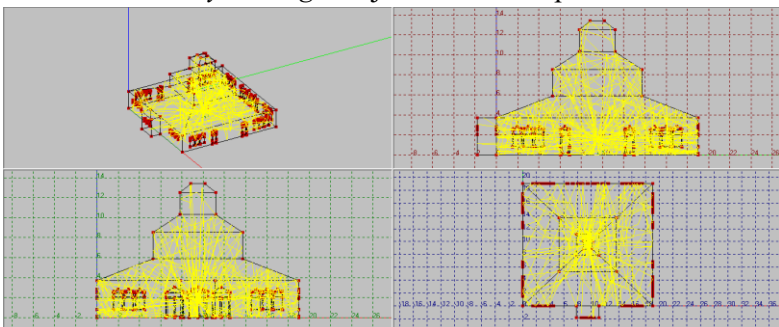
Hasil simulasi tersebut ditampilkan pada gambar berikut.



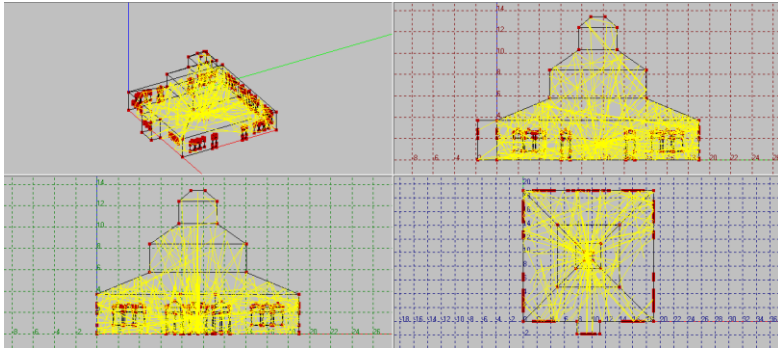
Gambar 4.3 Ray tracing Masjid As-Sakinah eksisting



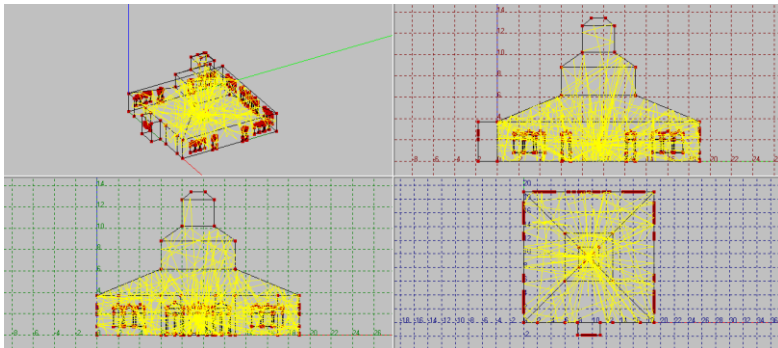
Gambar 4.4 Ray tracing Masjid As-Sakinah penambahan 10%



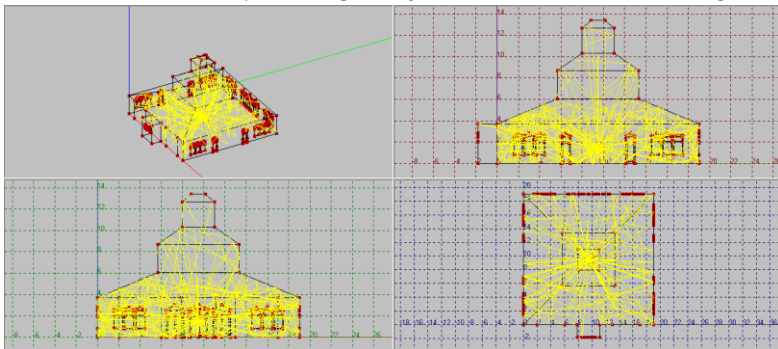
Gambar 4.5 Ray tracing Masjid As-Sakinah penambahan 20%



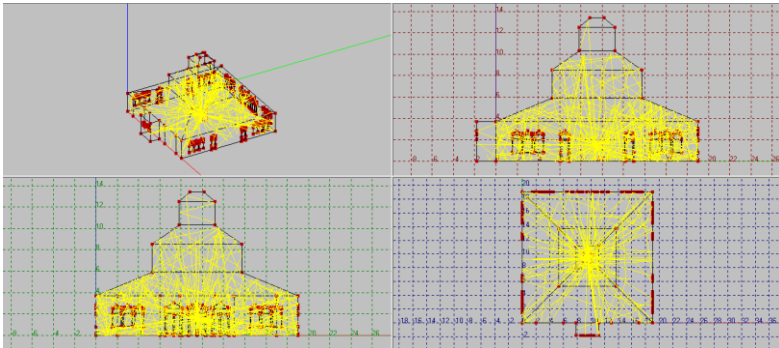
Gambar 4.6 *Ray tracing* Masjid As-Sakinah penambahan 30%



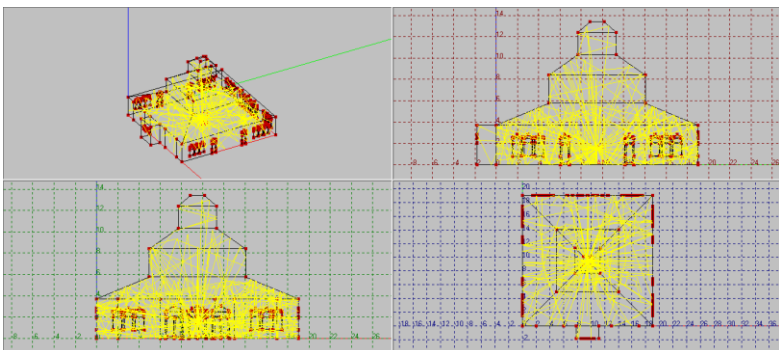
Gambar 4.7 *Ray tracing* Masjid Darul Hikmah eksisting



Gambar 4.8 *Ray tracing* Masjid Darul Hikmah penambahan 10%



Gambar 4.9 *Ray tracing* Masjid Darul Hikmah penambahan 20%



Gambar 4.10 *Ray tracing* Masjid Darul Hikmah penambahan 30%

Secara umum, hasil simulasi *ray tracing* kedua masjid memiliki pola yang sama karena memang desain kedua masjid tersebut adalah sama. Persebaran suara cukup merata karena bentuk plafon yang miring bersifat menyebarkan suara. Kontribusi terbesar pada distribusi bunyi pada kedua masjid tersebut karena adanya bentuk piramida yang paling bawah yang cukup luas.

Dilihat dari simulasi *ray tracing*, penambahan luasan plafon memengaruhi distribusi suaranya. Semakin lebar desain plafon

tajug, distribusi suara akan semakin rata pada ruangan, sehingga meminimalisir terjadinya gema pada titik tertentu. Hasil tersebut sesuai dengan simulasi waktu dengung yang menunjukkan penambahan luasan 30% bisa menurunkan waktu dengung kedua masjid tersebut masing-masing 1,64 detik dan 1,25 detik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut :

1. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa background noise kedua masjid tidak memenuhi syarat, yaitu 41,89 dB pada Masjid As-Sakinah dan 41,27 dB pada Masjid Darul Hikmah yang seharusnya berkisar antara 25 – 30 dB.
2. Waktu dengung Masjid As-Sakinah bernilai 1,83 detik dan Masjid Darul Hikmah bernilai 2,84 detik yang menunjukkan bahwa kedua masjid tersebut tidak memenuhi kriteria desain akustik ruang untuk percakapan, yaitu 0,85 – 1,3 detik.
3. Perubahan material lantai eksisting dengan menggunakan karpet berhasil menurunkan nilai waktu dengung Masjid As-Sakinah menjadi 1,16 detik dan Masjid Darul Hikmah menjadi 1,27 detik. nilai tersebut sudah masuk dalam rentang yang diperbolehkan.
4. Penambahan luasan plafon berhasil menurunkan nilai RT dan C50 di kedua masjid pada penambahan 30%, yaitu sebesar 1,64 detik dan -3,21 dB pada Masjid As-Sakinah; dan 1,25 detik dan -1,73 dB pada Masjid Darul Hikmah. Sedangkan pada penambahan 10% dan 20% mengalami kenaikan.

5.2 Saran

Beberapa saran dan rekomendasi yang dapat diberikan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Lakukan penelitian lanjutan mengenai pengaruh luasan plafon terhadap kualitas akustik masjid, dengan memperhatikan volume ruang keseluruhan. Volume ruang harus diupayakan sama agar penelitian terfokus pada luasan plafon.
2. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut mengenai simulasi *ray tracing* pada masjid dengan plafon tajug.

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada masjid yang berbeda desainnya namun tetap memiliki bentuk plafon tajug untuk menguji apakah bisa diterapkan pada masjid yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kayili, M. *Acoustic Solution s In Classic Ottoman Architecture*. Foundation for Science Technology and Civilization. 2005.
- [2] Suptandar, P.J. 2004. *Faktor Akustik Dalam Perancangan Desain Interior*. Djambatan, Jakarta.
- [3] Setiowati, Ernaning. *Nilai Kualitas Akustik Ruang pada Masjid-Masjid di Daerah Permukiman dengan Bentuk Plafon yang Berbeda*. Jurusan Arsitektur UIN Malang, Malang
- [4] Bena, Elsa Fitria. *Waktu Dengung Ruang Sholat Masjid Desa Berdasarkan Perbedaan Bentuk Plafon*. Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya, Malang.
- [5] Selasih, Sotiya. https://www.academia.edu/7962838/Arsitektur_Islam_di_Indonesia
- [6] Budi S, Candra. *Studi Kualitas Akustik Berdasarkan Waktu Dengung dan Bising Latar Belakang Masjid – Masjid Besar di Surabaya*. Teknik Fisika ITS, Surabaya.
- [7] Syahadatin, Yuniar. *Perancangan Akustik Ruang Multifungsi pada Teater A ITS dengan Desain Modular*. Teknik Fisika ITS, Surabaya.
- [8] Lawrence, A.B. 1970. *Architectural Acoustic*. Applied Science Publishers Ltd, London.
- [9] Long, Marshall. 2006. *Architectural Acoustics*. Elseiver: Academic Press, America.
- [10] Vigran, Tor Erik. 2008. *Building Acoustics*. Taylor & Francis, London.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Data Pengukuran Masjid As-Sakinah Titik ke-1

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1	240	52.56	42.03	42.16	0.000
2	241	52.73	41.04	43.89	0.038
3	241	52.73	41.04	43.89	0.077
4	241	52.73	41.04	43.89	0.115
5	241	52.73	41.04	43.89	0.154
6	241	52.73	41.04	43.89	0.192
7	241	52.79	40.13	43.96	0.231
8	241	52.79	40.13	43.96	0.269
9	241	52.79	40.13	43.96	0.308
10	241	52.79	40.13	43.96	0.346
11	241	52.79	40.13	43.96	0.385
12	241	52.79	40.13	43.96	0.423
13	241	53.8	40.22	44.01	0.462
14	241	53.8	40.22	44.01	0.500
15	241	53.8	40.22	44.01	0.538
16	241	53.8	40.22	44.01	0.577
17	241	53.8	40.22	44.01	0.615
18	241	88.63	66.51	79.86	0.654
19	241	88.63	66.51	79.86	0.692
20	241	88.63	66.51	79.86	0.731
21	241	88.63	66.51	79.86	0.769
22	241	88.63	66.51	79.86	0.808
23	241	89.34	69.1	82.14	0.846
24	241	89.34	69.1	82.14	0.885
25	241	89.34	69.1	82.14	0.923

26	241	89.34	69.1	82.14	0.962
27	241	89.34	69.1	82.14	1.000
28	242	85.26	65.49	78.28	1.030
29	242	85.26	65.49	78.28	1.061
30	242	85.26	65.49	78.28	1.091
31	242	85.26	65.49	78.28	1.121
32	242	85.26	65.49	78.28	1.152
33	242	85.26	65.49	78.28	1.182
34	242	80.12	61.16	73.71	1.212
35	242	80.12	61.16	73.71	1.242
36	242	80.12	61.16	73.71	1.273
37	242	80.12	61.16	73.71	1.303
38	242	80.12	61.16	73.71	1.333
39	242	74.55	56.12	68.42	1.364
40	242	74.55	56.12	68.42	1.394
41	242	74.55	56.12	68.42	1.424
42	242	74.55	56.12	68.42	1.455
43	242	74.55	56.12	68.42	1.485
44	242	74.55	56.12	68.42	1.515
45	242	68.8	51.42	62.75	1.545
46	242	68.8	51.42	62.75	1.576
47	242	68.8	51.42	62.75	1.606
48	242	68.8	51.42	62.75	1.636
49	242	68.8	51.42	62.75	1.667
50	242	63.2	47.06	57.01	1.697
51	242	63.2	47.06	57.01	1.727
52	242	63.2	47.06	57.01	1.758
53	242	63.2	47.06	57.01	1.788
54	242	63.2	47.06	57.01	1.818
55	242	58.44	43.8	51.66	1.848
56	242	58.44	43.8	51.66	1.879

57	242	58.44	43.8	51.66	1.909
58	242	58.44	43.8	51.66	1.939
59	242	58.44	43.8	51.66	1.970
60	242	58.44	43.8	51.66	2.000
61	243	55.43	42.7	47.16	2.042
62	243	55.43	42.7	47.16	2.083
63	243	55.43	42.7	47.16	2.125
64	243	55.43	42.7	47.16	2.167
65	243	55.43	42.7	47.16	2.208
66	243	54.05	42.25	44.82	2.250
67	243	54.05	42.25	44.82	2.292
68	243	54.05	42.25	44.82	2.333
69	243	54.05	42.25	44.82	2.375
70	243	54.05	42.25	44.82	2.417
71	243	53.59	41.68	44.28	2.458
72	243	53.59	41.68	44.28	2.500
73	243	53.59	41.68	44.28	2.542
74	243	53.59	41.68	44.28	2.583
75	243	53.59	41.68	44.28	2.625
76	243	53.59	41.68	44.28	2.667
77	243	53.92	42.01	44.03	2.708
78	243	53.92	42.01	44.03	2.750
79	243	53.92	42.01	44.03	2.792
80	243	53.92	42.01	44.03	2.833

Titik Ke-2

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1					0.000
2	412	57.15	49.54	47.64	0.033
3	412	57.15	49.54	47.64	0.067
4	412	57.15	49.54	47.64	0.100

5	412	57.15	49.54	47.64	0.133
6	412	57.15	49.54	47.64	0.167
7	412	56.04	46.82	48.07	0.200
8	412	56.04	46.82	48.07	0.233
9	412	56.04	46.82	48.07	0.267
10	412	56.04	46.82	48.07	0.300
11	412	56.04	46.82	48.07	0.333
12	412	56.12	46.03	47.31	0.367
13	412	56.12	46.03	47.31	0.400
14	412	56.12	46.03	47.31	0.433
15	412	56.12	46.03	47.31	0.467
16	412	56.12	46.03	47.31	0.500
17	412	56.12	46.03	47.31	0.533
18	412	81.38	60.37	70.72	0.567
19	412	81.38	60.37	70.72	0.600
20	412	81.38	60.37	70.72	0.633
21	412	81.38	60.37	70.72	0.667
22	412	81.38	60.37	70.72	0.700
23	412	90.63	68.61	81.21	0.733
24	412	90.63	68.61	81.21	0.767
25	412	90.63	68.61	81.21	0.800
26	412	90.63	68.61	81.21	0.833
27	412	90.63	68.61	81.21	0.867
28	412	87.64	66.12	78.55	0.900
29	412	87.64	66.12	78.55	0.933
30	412	87.64	66.12	78.55	0.967
31	412	87.64	66.12	78.55	1.000
32	413	82.65	63.11	73.75	1.038
33	413	82.65	63.11	73.75	1.077
34	413	82.65	63.11	73.75	1.115
35	413	82.65	63.11	73.75	1.154

36	413	82.65	63.11	73.75	1.192
37	413	82.65	63.11	73.75	1.231
38	413	77.2	58.73	68.64	1.269
39	413	77.2	58.73	68.64	1.308
40	413	77.2	58.73	68.64	1.346
41	413	77.2	58.73	68.64	1.385
42	413	77.2	58.73	68.64	1.423
43	413	71.5	54.41	63.18	1.462
44	413	71.5	54.41	63.18	1.500
45	413	71.5	54.41	63.18	1.538
46	413	71.5	54.41	63.18	1.577
47	413	71.5	54.41	63.18	1.615
48	413	65.98	51.42	57.75	1.654
49	413	65.98	51.42	57.75	1.692
50	413	65.98	51.42	57.75	1.731
51	413	65.98	51.42	57.75	1.769
52	413	65.98	51.42	57.75	1.808
53	413	61.35	49.79	52.78	1.846
54	413	61.35	49.79	52.78	1.885
55	413	61.35	49.79	52.78	1.923
56	413	61.35	49.79	52.78	1.962
57	413	61.35	49.79	52.78	2.000
58	414	59.35	50.6	48.89	2.030
59	414	59.35	50.6	48.89	2.061
60	414	59.35	50.6	48.89	2.091
61	414	59.35	50.6	48.89	2.121
62	414	59.35	50.6	48.89	2.152
63	414	59.35	50.6	48.89	2.182
64	414	60.59	56.29	46.88	2.212
65	414	60.59	56.29	46.88	2.242
66	414	60.59	56.29	46.88	2.273

67	414	60.59	56.29	46.88	2.303
68	414	60.59	56.29	46.88	2.333
69	414	61.38	56.14	47.04	2.364
70	414	61.38	56.14	47.04	2.394
71	414	61.38	56.14	47.04	2.424
72	414	61.38	56.14	47.04	2.455
73	414	61.38	56.14	47.04	2.485
74	414	61.38	56.14	47.04	2.515
75	414	61.32	54.56	46.96	2.545
76	414	61.32	54.56	46.96	2.576
77	414	61.32	54.56	46.96	2.606
78	414	61.32	54.56	46.96	2.636
79	414	61.32	54.56	46.96	2.667
80	414	63.31	57.85	47.42	2.697

Titik ke-3

No.	Sec.	ALL	500	1k	waktu
1					0.000
2	570	56.51	53.42	43.19	0.037
3	570	56.51	53.42	43.19	0.074
4	570	56.51	53.42	43.19	0.111
5	570	56.51	53.42	43.19	0.148
6	570	56.51	53.42	43.19	0.185
7	570	54.25	48.26	42.55	0.222
8	570	54.25	48.26	42.55	0.259
9	570	54.25	48.26	42.55	0.296
10	570	54.25	48.26	42.55	0.333
11	570	54.25	48.26	42.55	0.370
12	570	86.9	64.67	76.02	0.407
13	570	86.9	64.67	76.02	0.444
14	570	86.9	64.67	76.02	0.481

15	570	86.9	64.67	76.02	0.519
16	570	86.9	64.67	76.02	0.556
17	570	86.9	64.67	76.02	0.593
18	570	87.96	67.79	79.95	0.630
19	570	87.96	67.79	79.95	0.667
20	570	87.96	67.79	79.95	0.704
21	570	87.96	67.79	79.95	0.741
22	570	87.96	67.79	79.95	0.778
23	570	83.88	64.22	76.45	0.815
24	570	83.88	64.22	76.45	0.852
25	570	83.88	64.22	76.45	0.889
26	570	83.88	64.22	76.45	0.926
27	570	83.88	64.22	76.45	0.963
28	570	83.88	64.22	76.45	1.000
29	571	78.66	59.47	71.43	1.032
30	571	78.66	59.47	71.43	1.065
31	571	78.66	59.47	71.43	1.097
32	571	78.66	59.47	71.43	1.129
33	571	78.66	59.47	71.43	1.161
34	571	73.14	56.27	66.34	1.194
35	571	73.14	56.27	66.34	1.226
36	571	73.14	56.27	66.34	1.258
37	571	73.14	56.27	66.34	1.290
38	571	73.14	56.27	66.34	1.323
39	571	67.44	51.56	60.66	1.355
40	571	67.44	51.56	60.66	1.387
41	571	67.44	51.56	60.66	1.419
42	571	67.44	51.56	60.66	1.452
43	571	67.44	51.56	60.66	1.484
44	571	67.44	51.56	60.66	1.516
45	571	61.99	46.67	55.01	1.548

46	571	61.99	46.67	55.01	1.581
47	571	61.99	46.67	55.01	1.613
48	571	61.99	46.67	55.01	1.645
49	571	61.99	46.67	55.01	1.677
50	571	57.69	44.35	49.73	1.710
51	571	57.69	44.35	49.73	1.742
52	571	57.69	44.35	49.73	1.774
53	571	57.69	44.35	49.73	1.806
54	571	57.69	44.35	49.73	1.839
55	571	54.74	41.41	45.53	1.871
56	571	54.74	41.41	45.53	1.903
57	571	54.74	41.41	45.53	1.935
58	571	54.74	41.41	45.53	1.968
59	571	54.74	41.41	45.53	2.000
60	572	53.59	39.92	43.74	2.040
61	572	53.59	39.92	43.74	2.080
62	572	53.59	39.92	43.74	2.120
63	572	53.59	39.92	43.74	2.160
64	572	53.59	39.92	43.74	2.200
65	572	53.07	39.27	43.11	2.240
66	572	53.07	39.27	43.11	2.280
67	572	53.07	39.27	43.11	2.320
68	572	53.07	39.27	43.11	2.360
69	572	53.25	39.64	42.77	2.400
70	572	53.25	39.64	42.77	2.440
71	572	53.25	39.64	42.77	2.480
72	572	53.25	39.64	42.77	2.520
73	572	53.25	39.64	42.77	2.560
74	572	53.1	40.62	41.92	2.600
75	572	53.1	40.62	41.92	2.640
76	572	53.1	40.62	41.92	2.680

77	572	53.1	40.62	41.92	2.720
78	572	53.1	40.62	41.92	2.760
79	572	53.49	40.67	42.33	2.800
80	572	53.49	40.67	42.33	2.840

Titik ke-4

No.	Sec.	ALL	500	1k	waktu
1					0.000
2	674	55.98	42.37	46.08	0.037
3	674	55.98	42.37	46.08	0.074
4	674	55.98	42.37	46.08	0.111
5	674	55.98	42.37	46.08	0.148
6	674	55.98	42.37	46.08	0.185
7	674	73.1	52.14	65.72	0.222
8	674	73.1	52.14	65.72	0.259
9	674	73.1	52.14	65.72	0.296
10	674	73.1	52.14	65.72	0.333
11	674	73.1	52.14	65.72	0.370
12	674	73.1	52.14	65.72	0.407
13	674	91.39	68.23	83.73	0.444
14	674	91.39	68.23	83.73	0.481
15	674	91.39	68.23	83.73	0.519
16	674	91.39	68.23	83.73	0.556
17	674	91.39	68.23	83.73	0.593
18	674	91.32	68.02	84.44	0.630
19	674	91.32	68.02	84.44	0.667
20	674	91.32	68.02	84.44	0.704
21	674	91.32	68.02	84.44	0.741
22	674	91.32	68.02	84.44	0.778
23	674	87.22	64.87	80.23	0.815
24	674	87.22	64.87	80.23	0.852

25	674	87.22	64.87	80.23	0.889
26	674	87.22	64.87	80.23	0.926
27	674	87.22	64.87	80.23	0.963
28	674	87.22	64.87	80.23	1.000
29	675	82.32	60.97	76.08	1.031
30	675	82.32	60.97	76.08	1.063
31	675	82.32	60.97	76.08	1.094
32	675	82.32	60.97	76.08	1.125
33	675	82.32	60.97	76.08	1.156
34	675	76.82	56.44	71.2	1.188
35	675	76.82	56.44	71.2	1.219
36	675	76.82	56.44	71.2	1.250
37	675	76.82	56.44	71.2	1.281
38	675	76.82	56.44	71.2	1.313
39	675	76.82	56.44	71.2	1.344
40	675	71.05	52.46	65.39	1.375
41	675	71.05	52.46	65.39	1.406
42	675	71.05	52.46	65.39	1.438
43	675	71.05	52.46	65.39	1.469
44	675	71.05	52.46	65.39	1.500
45	675	65.33	47.86	59.54	1.531
46	675	65.33	47.86	59.54	1.563
47	675	65.33	47.86	59.54	1.594
48	675	65.33	47.86	59.54	1.625
49	675	65.33	47.86	59.54	1.656
50	675	60.45	43.85	54.27	1.688
51	675	60.45	43.85	54.27	1.719
52	675	60.45	43.85	54.27	1.750
53	675	60.45	43.85	54.27	1.781
54	675	60.45	43.85	54.27	1.813
55	675	60.45	43.85	54.27	1.844

56	675	57.21	42.87	50.18	1.875
57	675	57.21	42.87	50.18	1.906
58	675	57.21	42.87	50.18	1.938
59	675	57.21	42.87	50.18	1.969
60	675	57.21	42.87	50.18	2.000
61	676	55.79	41.6	47.99	2.042
62	676	55.79	41.6	47.99	2.083
63	676	55.79	41.6	47.99	2.125
64	676	55.79	41.6	47.99	2.167
65	676	55.79	41.6	47.99	2.208
66	676	55.48	41.17	47.03	2.250
67	676	55.48	41.17	47.03	2.292
68	676	55.48	41.17	47.03	2.333
69	676	55.48	41.17	47.03	2.375
70	676	55.48	41.17	47.03	2.418
71	676	55.48	41.17	47.03	2.464
72	676	55.7	41.77	47.33	2.512
73	676	55.7	41.77	47.33	2.562
74	676	55.7	41.77	47.33	2.614
75	676	55.7	41.77	47.33	2.670
76	676	55.7	41.77	47.33	2.729
77	676	55.28	42.15	46.16	2.791
78	676	55.28	42.15	46.16	2.858
79	676	55.28	42.15	46.16	2.929
80	676	55.28	42.15	46.16	3.006

Titik ke-5

No.	Sec.	ALL	500	1k	waktu
1					0.000
2	834	53.8	41.43	45.42	0.031
3	834	53.8	41.43	45.42	0.063

4	834	53.8	41.43	45.42	0.094
5	834	53.8	41.43	45.42	0.125
6	834	53.8	41.43	45.42	0.156
7	834	54.08	40.87	46.15	0.188
8	834	54.08	40.87	46.15	0.219
9	834	54.08	40.87	46.15	0.250
10	834	54.08	40.87	46.15	0.281
11	834	54.08	40.87	46.15	0.313
12	834	54.2	39.91	46.27	0.344
13	834	54.2	39.91	46.27	0.375
14	834	54.2	39.91	46.27	0.406
15	834	54.2	39.91	46.27	0.438
16	834	54.2	39.91	46.27	0.469
17	834	54.2	39.91	46.27	0.500
18	834	54.21	40.66	46.14	0.531
19	834	54.21	40.66	46.14	0.563
20	834	54.21	40.66	46.14	0.594
21	834	54.21	40.66	46.14	0.625
22	834	54.21	40.66	46.14	0.656
23	834	73.82	54.14	64.89	0.688
24	834	73.82	54.14	64.89	0.719
25	834	73.82	54.14	64.89	0.750
26	834	73.82	54.14	64.89	0.781
27	834	73.82	54.14	64.89	0.813
28	834	90.45	67.7	82.25	0.844
29	834	90.45	67.7	82.25	0.875
30	834	90.45	67.7	82.25	0.906
31	834	90.45	67.7	82.25	0.938
32	834	90.45	67.7	82.25	0.969
33	834	90.45	67.7	82.25	1.000
34	835	88.97	66.18	81.14	1.038

35	835	88.97	66.18	81.14	1.077
36	835	88.97	66.18	81.14	1.115
37	835	88.97	66.18	81.14	1.154
38	835	88.97	66.18	81.14	1.192
39	835	84.46	62.28	77.17	1.231
40	835	84.46	62.28	77.17	1.269
41	835	84.46	62.28	77.17	1.308
42	835	84.46	62.28	77.17	1.346
43	835	84.46	62.28	77.17	1.385
44	835	79.23	59.59	72.41	1.423
45	835	79.23	59.59	72.41	1.462
46	835	79.23	59.59	72.41	1.500
47	835	79.23	59.59	72.41	1.538
48	835	79.23	59.59	72.41	1.577
49	835	79.23	59.59	72.41	1.615
50	835	73.85	54.87	67.39	1.654
51	835	73.85	54.87	67.39	1.692
52	835	73.85	54.87	67.39	1.731
53	835	73.85	54.87	67.39	1.769
54	835	73.85	54.87	67.39	1.808
55	835	68.31	50.72	62.13	1.846
56	835	68.31	50.72	62.13	1.885
57	835	68.31	50.72	62.13	1.923
58	835	68.31	50.72	62.13	1.962
59	835	68.31	50.72	62.13	2.000
60	836	62.84	46.39	56.69	2.053
61	836	62.84	46.39	56.69	2.105
62	836	62.84	46.39	56.69	2.158
63	836	62.84	46.39	56.69	2.211
64	836	62.84	46.39	56.69	2.263
65	836	62.84	46.39	56.69	2.316

66	836	58.1	42.89	51.44	2.368
67	836	58.1	42.89	51.44	2.421
68	836	58.1	42.89	51.44	2.474
69	836	58.1	42.89	51.44	2.526
70	836	58.1	42.89	51.44	2.579
71	836	55.38	41.66	48.28	2.632
72	836	55.38	41.66	48.28	2.684
73	836	55.38	41.66	48.28	2.737
74	836	55.38	41.66	48.28	2.789
75	836	55.38	41.66	48.28	2.842
76	836	55.38	41.66	48.28	2.895
77	836	54.44	41.37	45.77	2.947
78	836	54.44	41.37	45.77	3.000

Data Pengukuran Masjid Darul Hikmah
Titik ke-1

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1					0.000
2	59	99.16	76.01	81.58	0.034
3	59	99.16	76.01	81.58	0.069
4	59	99.16	76.01	81.58	0.103
5	59	97.46	74.48	80.43	0.138
6	59	97.46	74.48	80.43	0.172
7	59	97.46	74.48	80.43	0.207
8	59	95.58	72.77	79.68	0.241
9	59	95.58	72.77	79.68	0.276
10	59	95.58	72.77	79.68	0.310
11	59	93.38	70.24	77.75	0.345
12	59	93.38	70.24	77.75	0.379
13	59	93.38	70.24	77.75	0.414
14	59	91.15	69.08	75.77	0.448
15	59	91.15	69.08	75.77	0.483
16	59	91.15	69.08	75.77	0.517
17	59	88.76	67.83	73.37	0.552
18	59	88.76	67.83	73.37	0.586
19	59	86.63	65.19	71.62	0.621
20	59	86.63	65.19	71.62	0.655
21	59	86.63	65.19	71.62	0.690
22	59	84.31	62.89	69.75	0.724
23	59	84.31	62.89	69.75	0.759
24	59	84.31	62.89	69.75	0.793
25	59	82.03	60.8	67.87	0.828
26	59	82.03	60.8	67.87	0.862
27	59	82.03	60.8	67.87	0.897
28	59	79.68	58.05	65.98	0.931

29	59	79.68	58.05	65.98	0.966
30	59	79.68	58.05	65.98	1.000
31	60	77.39	55.39	64.47	1.031
32	60	77.39	55.39	64.47	1.063
33	60	77.39	55.39	64.47	1.094
34	60	75.15	52.83	62.5	1.125
35	60	75.15	52.83	62.5	1.156
36	60	75.15	52.83	62.5	1.188
37	60	73.05	50.46	60.34	1.219
38	60	73.05	50.46	60.34	1.250
39	60	73.05	50.46	60.34	1.281
40	60	71.12	47.78	57.57	1.313
41	60	71.12	47.78	57.57	1.344
42	60	71.12	47.78	57.57	1.375
43	60	69.5	45.55	55.56	1.406
44	60	69.5	45.55	55.56	1.438
45	60	68.25	43.8	53.33	1.469
46	60	68.25	43.8	53.33	1.500
47	60	68.25	43.8	53.33	1.531
48	60	68.25	43.8	53.33	1.563
49	60	67.54	43.72	53.3	1.594
50	60	67.54	43.72	53.3	1.625
51	60	67.54	43.72	53.3	1.656
52	60	66.95	44.06	52.75	1.688
53	60	66.95	44.06	52.75	1.719
54	60	66.52	42.14	50.96	1.750
55	60	66.52	42.14	50.96	1.781
56	60	66.52	42.14	50.96	1.813
57	60	66.14	42.12	49.65	1.844
58	60	66.14	42.12	49.65	1.875
59	60	66.14	42.12	49.65	1.906

60	60	65.93	41.1	49.26	1.938
61	60	65.93	41.1	49.26	1.969
62	60	65.93	41.1	49.26	2.000
63	61	65.84	41.4	48.14	2.031
64	61	65.84	41.4	48.14	2.063
65	61	65.84	41.4	48.14	2.094
66	61	65.73	41.04	46.7	2.125
67	61	65.73	41.04	46.7	2.156
68	61	65.73	41.04	46.7	2.188
69	61	65.6	39.39	46.27	2.219
70	61	65.6	39.39	46.27	2.250
71	61	65.6	39.39	46.27	2.281
72	61	65.6	39.49	47.33	2.313
73	61	65.6	39.49	47.33	2.344
74	61	65.6	39.49	47.33	2.375
75	61	65.7	39.87	47.95	2.406
76	61	65.7	39.87	47.95	2.438
77	61	65.7	39.87	47.95	2.469
78	61	65.74	41.84	49.71	2.500
79	61	65.74	41.84	49.71	2.531
80	61	65.76	43.24	49.05	2.563

Titik ke-2

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1					0.000
2	7	65.67	39.73	44.48	0.031
3	7	65.67	39.73	44.48	0.063
4	7	65.67	39.73	44.48	0.094
5	7	65.64	39.58	43.86	0.125
6	7	65.64	39.58	43.86	0.156
7	7	65.64	39.58	43.86	0.188

8	7	65.62	38.56	43.43	0.219
9	7	65.62	38.56	43.43	0.250
10	7	65.62	38.56	43.43	0.281
11	7	65.72	39.68	43.83	0.313
12	7	65.72	39.68	43.83	0.344
13	7	65.72	39.68	43.83	0.375
14	7	89.79	57.45	70.67	0.406
15	7	89.79	57.45	70.67	0.438
16	7	89.79	57.45	70.67	0.469
17	7	97.43	75.32	81.14	0.500
18	7	97.43	75.32	81.14	0.531
19	7	97.43	75.32	81.14	0.563
20	7	96.62	74.21	80.33	0.594
21	7	96.62	74.21	80.33	0.625
22	7	96.62	74.21	80.33	0.656
23	7	95.4	73.8	79.47	0.688
24	7	95.4	73.8	79.47	0.719
25	7	95.4	73.8	79.47	0.750
26	7	93.45	71.66	78.05	0.781
27	7	93.45	71.66	78.05	0.813
28	7	93.45	71.66	78.05	0.844
29	7	91.5	69.67	76.24	0.875
30	7	91.5	69.67	76.24	0.906
31	7	91.5	69.67	76.24	0.938
32	7	89.39	67.06	74.26	0.969
33	7	89.39	67.06	74.26	1.000
34	8	87.21	65.32	71.73	1.034
35	8	87.21	65.32	71.73	1.069
36	8	87.21	65.32	71.73	1.103
37	8	84.98	63.11	70.35	1.138
38	8	84.98	63.11	70.35	1.172

39	8	84.98	63.11	70.35	1.207
40	8	82.7	60.31	67.93	1.241
41	8	82.7	60.31	67.93	1.276
42	8	82.7	60.31	67.93	1.310
43	8	80.49	57.89	65.66	1.345
44	8	80.49	57.89	65.66	1.379
45	8	80.49	57.89	65.66	1.414
46	8	78.33	56.38	63.82	1.448
47	8	78.33	56.38	63.82	1.483
48	8	78.33	56.38	63.82	1.517
49	8	76.28	53.95	61.71	1.552
50	8	76.28	53.95	61.71	1.586
51	8	76.28	53.95	61.71	1.621
52	8	74.11	51.75	59.41	1.655
53	8	74.11	51.75	59.41	1.690
54	8	74.11	51.75	59.41	1.724
55	8	72.13	49.08	57.48	1.759
56	8	72.13	49.08	57.48	1.793
57	8	72.13	49.08	57.48	1.828
58	8	70.27	46.99	55.08	1.862
59	8	70.27	46.99	55.08	1.897
60	8	68.82	44.86	52.99	1.931
61	8	68.82	44.86	52.99	1.966
62	8	68.82	44.86	52.99	2.000
63	9	67.68	42.67	50.97	2.031
64	9	67.68	42.67	50.97	2.063
65	9	67.68	42.67	50.97	2.094
66	9	66.99	41.29	48.77	2.125
67	9	66.99	41.29	48.77	2.156
68	9	66.99	41.29	48.77	2.188
69	9	66.48	39.78	47.25	2.219

70	9	66.48	39.78	47.25	2.250
71	9	66.48	39.78	47.25	2.281
72	9	66.11	39.25	45.57	2.313
73	9	66.11	39.25	45.57	2.344
74	9	66.11	39.25	45.57	2.375
75	9	65.85	37.91	44.56	2.406
76	9	65.85	37.91	44.56	2.438
77	9	65.85	37.91	44.56	2.469
78	9	65.79	37.03	45.2	2.500
79	9	65.79	37.03	45.2	2.531
80	9	65.79	37.03	45.2	2.563

Titik ke-3

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1					0.000
2	10	94.19	69.89	83.16	0.031
3	10	94.19	69.89	83.16	0.063
4	10	94.19	69.89	83.16	0.094
5	10	93.17	73.57	82.67	0.125
6	10	93.17	73.57	82.67	0.156
7	10	93.17	73.57	82.67	0.188
8	10	91.27	73.32	80.65	0.219
9	10	91.27	73.32	80.65	0.250
10	10	89.47	71.27	79.27	0.281
11	10	89.47	71.27	79.27	0.313
12	10	89.47	71.27	79.27	0.344
13	10	87.34	68.87	76.48	0.375
14	10	87.34	68.87	76.48	0.406
15	10	87.34	68.87	76.48	0.438
16	10	85.22	66.86	74.46	0.469
17	10	85.22	66.86	74.46	0.500

18	10	85.22	66.86	74.46	0.531
19	10	83.14	64.81	72.34	0.563
20	10	83.14	64.81	72.34	0.594
21	10	83.14	64.81	72.34	0.625
22	10	80.96	62.2	70.51	0.656
23	10	80.96	62.2	70.51	0.688
24	10	80.96	62.2	70.51	0.719
25	10	78.83	59.57	68.16	0.750
26	10	78.83	59.57	68.16	0.781
27	10	78.83	59.57	68.16	0.813
28	10	76.65	57.16	65.9	0.844
29	10	76.65	57.16	65.9	0.875
30	10	76.65	57.16	65.9	0.906
31	10	74.49	54.69	63.59	0.938
32	10	74.49	54.69	63.59	0.969
33	10	74.49	54.69	63.59	1.000
34	11	72.54	52.84	61.52	1.031
35	11	72.54	52.84	61.52	1.063
36	11	72.54	52.84	61.52	1.094
37	11	70.57	50.44	58.96	1.125
38	11	70.57	50.44	58.96	1.156
39	11	70.57	50.44	58.96	1.188
40	11	68.89	48.32	56.67	1.219
41	11	68.89	48.32	56.67	1.250
42	11	68.89	48.32	56.67	1.281
43	11	67.58	46.03	54.91	1.313
44	11	67.58	46.03	54.91	1.344
45	11	66.78	44.66	53.82	1.375
46	11	66.78	44.66	53.82	1.406
47	11	66.78	44.66	53.82	1.438
48	11	66.06	43.14	52.06	1.469

49	11	66.06	43.14	52.06	1.500
50	11	66.06	43.14	52.06	1.531
51	11	65.58	41.7	51.29	1.563
52	11	65.58	41.7	51.29	1.594
53	11	65.58	41.7	51.29	1.625
54	11	65.33	41.64	51.03	1.656
55	11	65.33	41.64	51.03	1.688
56	11	65.33	41.64	51.03	1.719
57	11	65.11	40.78	49.79	1.750
58	11	65.11	40.78	49.79	1.781
59	11	65.11	40.78	49.79	1.813
60	11	65.03	42.09	48.92	1.844
61	11	65.03	42.09	48.92	1.875
62	11	65.03	42.09	48.92	1.906
63	11	64.9	42.29	48.81	1.938
64	11	64.9	42.29	48.81	1.969
65	11	64.9	42.29	48.81	2.000
66	12	64.8	40.62	47.81	2.063
67	12	64.8	40.62	47.81	2.125
68	12	64.8	40.62	47.81	2.188
69	12	64.89	41.17	48.98	2.250
70	12	64.89	41.17	48.98	2.313
71	12	64.94	39.91	48.52	2.375
72	12	64.94	39.91	48.52	2.438
73	12	64.94	39.91	48.52	2.500
74	12	64.89	41.35	47.65	2.563
75	12	64.89	41.35	47.65	2.625
76	12	64.89	41.35	47.65	2.688
77	12	64.87	41.45	47.43	2.750
78	12	64.87	41.45	47.43	2.813
79	12	64.87	41.45	47.43	2.875

80	12	64.89	42.22	47.12	2.938
----	----	-------	-------	-------	-------

Titik ke-4

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1					0.000
2	4	66.22	39.91	46.97	0.034
3	4	66.22	39.91	46.97	0.069
4	4	66.22	39.91	46.97	0.103
5	4	66.18	40.83	46.78	0.138
6	4	66.18	40.83	46.78	0.172
7	4	66.18	40.83	46.78	0.207
8	4	66.14	39.22	45.86	0.241
9	4	66.14	39.22	45.86	0.276
10	4	66.14	39.22	45.86	0.310
11	4	66.15	40.34	46.95	0.345
12	4	66.15	40.34	46.95	0.379
13	4	66.33	43.19	50.11	0.414
14	4	66.33	43.19	50.11	0.448
15	4	66.33	43.19	50.11	0.483
16	4	86.21	65.13	75.54	0.517
17	4	86.21	65.13	75.54	0.552
18	4	86.21	65.13	75.54	0.586
19	4	87.24	67.54	76.93	0.621
20	4	87.24	67.54	76.93	0.655
21	4	87.24	67.54	76.93	0.690
22	4	86.24	66.71	76.23	0.724
23	4	86.24	66.71	76.23	0.759
24	4	86.24	66.71	76.23	0.793
25	4	84.77	64.81	75.42	0.828
26	4	84.77	64.81	75.42	0.862
27	4	84.77	64.81	75.42	0.897

28	4	83.12	62.53	74.28	0.931
29	4	83.12	62.53	74.28	0.966
30	4	83.12	62.53	74.28	1.000
31	5	81.21	60.48	73.14	1.031
32	5	81.21	60.48	73.14	1.063
33	5	81.21	60.48	73.14	1.094
34	5	79.32	58.21	71.62	1.125
35	5	79.32	58.21	71.62	1.156
36	5	79.32	58.21	71.62	1.188
37	5	77.21	55.76	69.36	1.219
38	5	77.21	55.76	69.36	1.250
39	5	77.21	55.76	69.36	1.281
40	5	75.26	53.95	67.4	1.313
41	5	75.26	53.95	67.4	1.344
42	5	75.26	53.95	67.4	1.375
43	5	73.3	51.51	65.19	1.406
44	5	73.3	51.51	65.19	1.438
45	5	73.3	51.51	65.19	1.469
46	5	71.5	49.2	62.76	1.500
47	5	71.5	49.2	62.76	1.531
48	5	69.85	46.68	60.56	1.563
49	5	69.85	46.68	60.56	1.594
50	5	69.85	46.68	60.56	1.625
51	5	68.66	45.02	58.46	1.656
52	5	68.66	45.02	58.46	1.688
53	5	68.66	45.02	58.46	1.719
54	5	67.73	43.91	56.43	1.750
55	5	67.73	43.91	56.43	1.781
56	5	67.73	43.91	56.43	1.813
57	5	67.18	42.77	54.66	1.844
58	5	67.18	42.77	54.66	1.875

59	5	67.18	42.77	54.66	1.906
60	5	66.66	41.19	52.47	1.938
61	5	66.66	41.19	52.47	1.969
62	5	66.66	41.19	52.47	2.000
63	6	66.38	38.98	50.43	2.031
64	6	66.38	38.98	50.43	2.063
65	6	66.38	38.98	50.43	2.094
66	6	66.31	41.12	49.15	2.125
67	6	66.31	41.12	49.15	2.156
68	6	66.31	41.12	49.15	2.188
69	6	66.27	41.25	47.2	2.219
70	6	66.27	41.25	47.2	2.250
71	6	66.27	41.25	47.2	2.281
72	6	66.11	40.79	46.29	2.313
73	6	66.11	40.79	46.29	2.344
74	6	66.13	39.88	45.74	2.375
75	6	66.13	39.88	45.74	2.406
76	6	66.13	39.88	45.74	2.438
77	6	66.09	39.01	45.82	2.469
78	6	66.09	39.01	45.82	2.500
79	6	66.09	39.01	45.82	2.531
80	6	66.09	39.01	45.82	2.563

Titik ke-5

No.	Sec.	ALL	500	1k	Waktu
1					0.000
2	10	64.14	38.44	44.39	0.031
3	10	64.14	38.44	44.39	0.063
4	10	64.14	38.44	44.39	0.094
5	10	64.07	38.71	43.57	0.125
6	10	64.07	38.71	43.57	0.156

7	10	64.07	38.71	43.57	0.188
8	10	64.12	37.7	43.08	0.219
9	10	64.12	37.7	43.08	0.250
10	10	64.12	37.7	43.08	0.281
11	10	64.23	37.35	42.16	0.313
12	10	64.23	37.35	42.16	0.344
13	10	64.23	37.35	42.16	0.375
14	10	64.17	39.01	41.21	0.406
15	10	64.17	39.01	41.21	0.438
16	10	64.17	39.01	41.21	0.469
17	10	64.12	38.82	42.14	0.500
18	10	64.12	38.82	42.14	0.531
19	10	64.12	38.82	42.14	0.563
20	10	64.08	39.37	41.28	0.594
21	10	64.08	39.37	41.28	0.625
22	10	64.08	38.85	41.83	0.656
23	10	64.08	38.85	41.83	0.688
24	10	64.08	38.85	41.83	0.719
25	10	91.85	58.3	72.65	0.750
26	10	91.85	58.3	72.65	0.781
27	10	91.85	58.3	72.65	0.813
28	10	93.54	69.31	80.87	0.844
29	10	93.54	69.31	80.87	0.875
30	10	93.54	69.31	80.87	0.906
31	10	92.73	68.97	79.44	0.938
32	10	92.73	68.97	79.44	0.969
33	10	92.73	68.97	79.44	1.000
34	11	91.4	67.35	77.95	1.031
35	11	91.4	67.35	77.95	1.063
36	11	91.4	67.35	77.95	1.094
37	11	89.63	65.89	76.52	1.125

38	11	89.63	65.89	76.52	1.156
39	11	89.63	65.89	76.52	1.188
40	11	87.57	63.99	74.04	1.219
41	11	87.57	63.99	74.04	1.250
42	11	87.57	63.99	74.04	1.281
43	11	85.56	61.43	72.08	1.313
44	11	85.56	61.43	72.08	1.344
45	11	85.56	61.43	72.08	1.375
46	11	83.58	59.75	70.1	1.406
47	11	83.58	59.75	70.1	1.438
48	11	83.58	59.75	70.1	1.469
49	11	81.54	57.5	67.74	1.500
50	11	81.54	57.5	67.74	1.531
51	11	79.33	55.66	65.95	1.563
52	11	79.33	55.66	65.95	1.594
53	11	79.33	55.66	65.95	1.625
54	11	77.16	53.42	63.74	1.656
55	11	77.16	53.42	63.74	1.688
56	11	77.16	53.42	63.74	1.719
57	11	74.97	50.8	61.63	1.750
58	11	74.97	50.8	61.63	1.781
59	11	74.97	50.8	61.63	1.813
60	11	73.02	48.48	59.27	1.844
61	11	73.02	48.48	59.27	1.875
62	11	73.02	48.48	59.27	1.906
63	11	70.95	46.53	57.4	1.938
64	11	70.95	46.53	57.4	1.969
65	11	70.95	46.53	57.4	2.000
66	12	69.18	44.16	54.97	2.034
67	12	69.18	44.16	54.97	2.069
68	12	69.18	44.16	54.97	2.103

69	12	67.73	43.16	52.72	2.138
70	12	67.73	43.16	52.72	2.172
71	12	67.73	43.16	52.72	2.207
72	12	66.6	41.06	50.79	2.241
73	12	66.6	41.06	50.79	2.276
74	12	66.6	41.06	50.79	2.310
75	12	65.75	40.26	49.79	2.345
76	12	65.75	40.26	49.79	2.379
77	12	65.75	40.26	49.79	2.414
78	12	65.1	38.35	48.77	2.448
79	12	65.1	38.35	48.77	2.483
80	12	65.1	38.35	48.77	2.517

